

## VTT Technical Research Centre of Finland

### LIFE CITY

Rönty, Jussi; Ala-Kotila, Paula; Stenlund, Olli; Kuismanen, Kimmo

Published: 23/01/2019

*Document Version*  
Publisher's final version

[Link to publication](#)

*Please cite the original version:*

Rönty, J., Ala-Kotila, P., Stenlund, O., & Kuismanen, K. (2019). *LIFE CITY: Suomalaisen puurakentamisen kansainvälinen konsepti*. VTT Technical Research Centre of Finland. VTT Tutkimusraportti No. VTT-R-00334-18

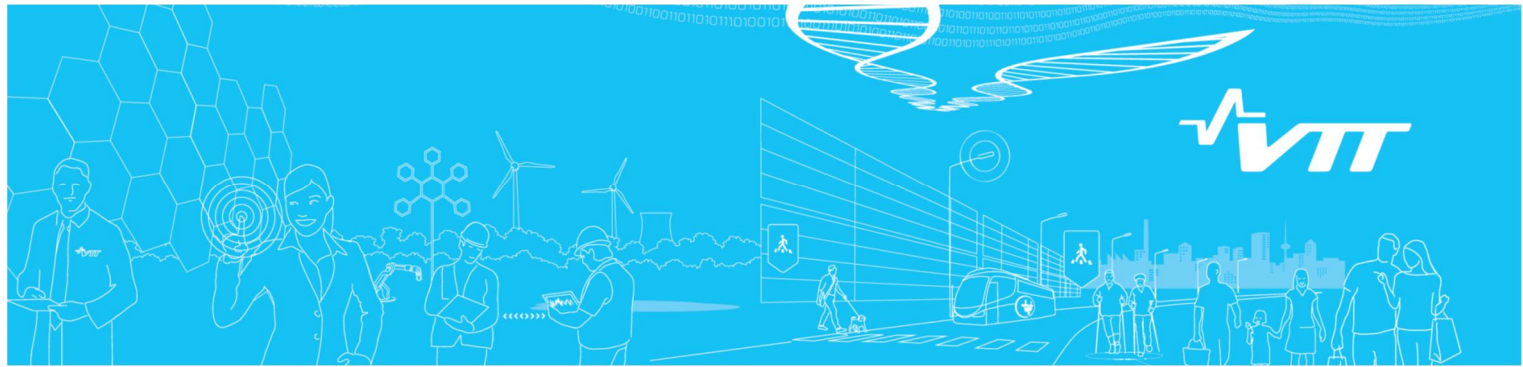


VTT  
<http://www.vtt.fi>  
P.O. box 1000FI-02044 VTT  
Finland

By using VTT's Research Information Portal you are bound by the following Terms & Conditions.

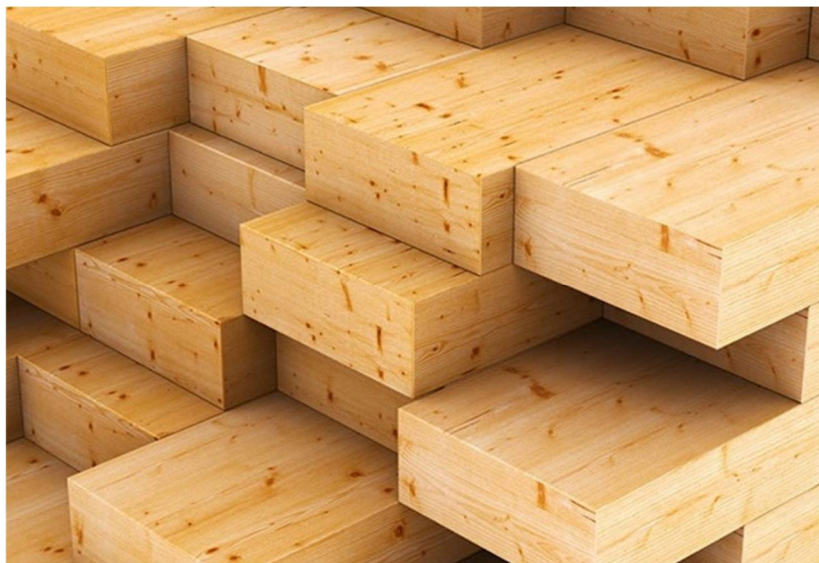
I have read and I understand the following statement:

This document is protected by copyright and other intellectual property rights, and duplication or sale of all or part of any of this document is not permitted, except duplication for research use or educational purposes in electronic or print form. You must obtain permission for any other use. Electronic or print copies may not be offered for sale.



**TUTKIMUSRAPORTTI**

VTT-R-00334-18



# **LIFE CITY - suomalaisen puurakentamisen kansainvälinen konsepti**

Kirjoittajat: Jussi Rönty, Paula Ala-Kotila, Olli Stenlund, Kimmo Kuismanen

Luottamuksellisuus: Julkinen

<b>Raportin nimi</b> LIFE CITY - suomalaisen puurakentamisen kansainvälinen konsepti		
<b>Asiakkaan nimi, yhteyshenkilö ja yhteystiedot</b> Pohjois-Pohjanmaan Liitto, EAKR		<b>Asiakkaan viite</b>
<b>Projektin nimi</b> Life City - suomalaisen puurakentamisen kv. konsepti		<b>Projektin numero/lyhytnimi</b> 101785 EAKR_Life City
<b>Raportin laatija(t)</b> Jussi Rönty, Paula Ala-Kotila, Olli Stenlund, Kimmo Kuismanen		<b>Sivujen/liitesivujen lukumäärä</b> 89/
<b>Avainsanat</b> Kestävä ja älykäs kaupunkisuunnittelu, puualuerakentaminen, teollinen puurakentaminen, puutuoteteollisuus, vienti		<b>Raportin numero</b> VTT-R-00334-18
<b>Tiivistelmä</b> <p>Tämä julkaisu on <i>LifeCity - suomalaisen puurakentamisen kansainvälinen konsepti</i> -hankkeen loppuraportti. EAKR -rahoitteisessa Life City -hankkeessa (2015 - 2017) kehitettiin kaupunki- ja aluerakentamisen kokonaisvaltaista konseptia, joka on energia- ja kustannustehokas sekä vähähiilinen, ja joka täyttää uusimmat EU:n asettamat energia- ja ilmastopoliittiset päämäärät. Konseptissa tarkastellaan puualuerakentamisen lisäksi myös rakennusten ja infrastruktuurin uusia teknisiä ratkaisuja, joiden energiatalous perustuu erittäin suuressa määrin uusiutuvien energialähteiden käyttöön. Konseptissa huomioidaan myös alueen asukkaiden liikkuminen ja logistiset ratkaisut. Teknistaloudellisten seikkojen lisäksi Life City -konseptissa korostetaan myös yhteisöllisiä ja sosiaalisia lähtökohtia modernissa kaupunkiympäristössä ja asumisessa.</p> <p>Life City -hankkeessa tarkasteltiin haasteita mutta myös erilaisia ratkaisumalleja keskeisiin puurakentamisen tehokkuuden ongelmiin. Hankkeessa tutkittiin ja kehitettiin toimintatapoja arvoketjujen hallintaan yhteisöllisten puurakennusten ja puukerrostalojen rakentamisessa moderniin kaupunkiympäristöön. Hankkeen yhtenä päätavoitteena oli puurakentamisen ja puuelementtituotannon teollisten prosessien virtaviivaistaminen innovatiivisten toimintamallien ja yhteistyön kehittämisen kautta. Myös suunnittelun ja tuotannon toimintatapoja pyrittiin tehostamaan yhteistyössä yritysten kanssa tarkastelemalla mm. tietomallipohjaisia prosesseja.</p> <p>3D-tietomallisuunnittelulla on todettu lähes poikkeuksetta olevan kustannussäästöjä ja muita hyötyjä monimutkaisissa projekteissa. Erityisesti säästöt realisoituvat virheiden vähenemisenä. 3D-tietomallinnuksen hyödyt korostuvat jalostusarvon noustessa (esim. insinööripuutuotteet) ja erikoistuotteita käytettäessä. Life City -hankkeessa luotiin toiminnallinen aihio, jota yritykset voivat kehittää eteenpäin omin panostuksin hankkeen jälkeen. Aihion lisäksi tavoitteina oli tuottaa osaamista suunnitteluun ja tuotantoprosessiin, sekä luoda uusia toimintamalleja koko hankeketjuun aina tilaamisesta toteutukseen.</p>		
<b>Luottamuksellisuus</b>	julkinen	
Oulu 23.1.2019 <b>Laatija</b>	<b>Tarkastaja</b>	<b>Hyväksyjä</b>
{Jussi Rönty, tutkija}	{Nimenselvennys, asema}	{Nimenselvennys, asema}
<b>VTT:n yhteystiedot</b> jussi.ronty@vtt.fi p. 0400 983922; paula.ala-kotila@vtt.fi p. 0400 871538		
<b>Jakelu (asiakkaat ja VTT)</b> {Tilaaja, VTT ja muu jakelu. Luottamuksellisissa raporteissa mainittava yritys, henkilö ja kappalemäärä. Tarvittaessa kirjoita seuraavalle sivulle.}		
VTT:n nimen käyttäminen mainonnassa tai tämän raportin osittainen julkaiseminen on sallittu vain Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy:ltä saadun kirjallisen luvan perusteella.		

## Alkusanat

---

Pohjois-Pohjanmaalla ja sitä ympäröivillä alueilla Pohjois- ja Itä-Suomessa on vahvaa osaamista puuarkkitehtuurin, puutalosuunnittelun ja -rakentamisen alalla, ja alan kehittymistä kansainväliseksi vientiliiketoiminnaksi olisi edistettävä muun muassa tutkimuksen ja innovaatiotoiminnan keinoin. Voimistuvan kaupungistumisen myötä asuinrakentamisen ja ekologisten alueiden kaavoituksen trendit ovat joka puolella maailmaa muuttumassa, myös Suomessa ja muissa pohjoismaissa. Tämä tuo uusia haasteita, mutta osaltaan myös avaa suomalaiselle puutuoteteollisuudelle sekä siihen liitännäisille tuotteille ja palveluille uusia globaaleja liiketoimintamahdollisuuksia.

Kaupunki- ja aluerakentamisessa on selkeä tarve kokonaisvaltaiselle konseptille, joka on energia- ja kustannustehokas sekä hiilineutraali, ja joka täyttää uusimmat kansainväliset energia- ja ilmastopoliittiset päämäärät. Myös ilmastomuutoksen myötä tarvitaan uusia ratkaisuja kestävään ja resilienttiin rakentamiseen. Yhdistämällä Pohjois-Pohjanmaan ja koko Suomen kestävä rakentamisen ja korkean teknologian osaamista sekä vahvistamalla pk-yritysten yhteistyötä voidaan luoda kokonaisuus - ekosysteemi - jolla on huomattavaa kansainvälistä liiketoimintapotentiaalia. Pohjois-Suomessa halutaan luoda uutta yrittäjyyttä ja työpaikkoja puun ja biomassan jalostuksen arvoketjuun, kun taas useilla vientikohdealueilla on tunnistettu selkeä tarve rakennetun ympäristön kokonaisvaltaisiin energiatehokkaisiin ratkaisuihin.

Näistä lähtökohdista, haasteista mutta toisaalta myös suurista mahdollisuuksista, lähdettiin rakentamaan kehityshankekokonaisuutta VTT:n johdolla yhdessä Oulun yliopiston erillisyyksikön CEE:n (Centre for Environment and Energy), Arkkitehti Kimmo Kuismasen sekä puutuote- ja puurakentamisan yritysten kanssa. Pääasiallisena rahoittajana hankkeessa toimi Pohjois-Pohjanmaan Liitto, joka rahoitti hanketta Euroopan aluekehitysrahaston (EAKR) varoista. Hanketta rahoittivat myös VTT, Oulun yliopisto sekä mukana olleet yritykset. Tekijät haluavat kiittää kaikkia hankkeessa mukana olleita osapuolia sujuvasta yhteistyöstä.

Life City -hankkeen ohjausryhmän kokoonpanoon kuuluivat:

- Ab CASE-consult Ltd, Kimmo Kuismainen, puheenjohtaja
- Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy, Jussi Rönty, projektipäällikkö
- Center for Environment and Energy, Pekka Tervonen
- Pohjois-Pohjanmaan liitto, Katarina Timisjärvi, hankkeen valvoja
- Oy CrossLam Kuhmo Ltd, Juha Virta
- Profin Oy, Mikko Haapala
- MPH-Rakennus Oy, Heikki Maksniemi
- Oy SWM-Wood Ltd, Heikki Merikoski
- Kero Hirsitalot Oy, Jukka Mursu

Oulussa 23.1.2019

Tekijät

## Sisällysluettelo

Alkusanat .....	2
Sisällysluettelo.....	3
1. Johdanto.....	5
1.1 Hankkeen taustaa.....	5
1.2 Tavoitteet ja toteutus.....	6
1.3 Konseptikehityksen lähtökohdat Life City -hankkeessa .....	7
2. Kestävän ja älykkäästi rakennetun ympäristön määritelmiä ja taustatekijöitä .....	9
2.1 Kestävät yhteisöt ja EcoCity -ajattelu .....	9
2.1.1 VTT:n EcoCity-lähestymistapa .....	10
2.2 Smart Cities - älykkäästi toimivat kaupungit.....	11
2.2.1 Älykkään kaupungin määritelmiä.....	11
2.2.2 VTT:n Smart City kehitystyö.....	12
3. Asumisen elinkaareen liittyvät teknologiset ratkaisut.....	13
3.1 Energia .....	15
3.1.1 Energiaomavaraisuus .....	15
3.1.2 Energiatehokkuus .....	15
3.1.3 Uusiutuvat energian lähteet .....	16
3.2 Vesihuolto.....	20
3.2.1 Sade- ja hulevesien keräys, viivytyt ja varastointijärjestelmät.....	20
3.2.2 Verkoston monitorointi .....	20
3.2.3 Jäteveden puhdistus ja hyötökäyttö .....	21
3.3 Älykäs sähköverkko - Smart Grid.....	21
3.3.1 Energian varastointi .....	22
3.4 Rakennusautomaatio ja kodin IoT.....	23
3.4.1 Älykäs rakennusautomaatio .....	23
3.4.2 Kodin IoT .....	24
4. Life City -konseptit .....	24
4.1 Ekologisten rakennusten ja älykkäiden ratkaisujen elinvoimainen kaupunki.....	24
4.2 Life City kortteli .....	25
4.2.1 Puun käyttö aluerakentamisessa .....	26
4.2.2 Korttelitylogiat .....	27
4.2.3 Yhteisöllisen korttelin konsepti .....	29
4.2.4 Kortteleissa käytetyt rakennustyytit .....	30
4.2.5 Maanjäristyksen ja tulvan kestävä rakentaminen .....	31
4.2.6 Turvallinen rantakortteli.....	32
4.2.7 Älykkään ja energiatehokkaan korttelin teknologia .....	33
4.3 Life City yhteisötaio.....	38
4.4 Life City koulu .....	39
4.4.1 Koulurakennuksen suunnittelu .....	40
4.4.2 Puukoulut tulevaisuuden kouluina.....	42
4.5 Life City päiväkotio.....	52
4.6 Life City puukerrostalo .....	53
5. Puuelementtirakentamisen suunnittelu ja tuotantomenetelmät.....	54

5.1	Puukerrostalon tietomallipohjaisen toteuttamisen prosessi .....	54
5.2	Modernien tekniikoiden kehittäminen puutuoteteollisuudelle.....	61
6.	Puurakentamisalan pk-yritysten vientiedellytysten kehittäminen .....	62
6.1	Kyselytutkimus puutuotealan toimijoille Suomessa .....	63
6.2	Kohdemaiden markkinakuvaukset .....	68
6.2.1	Ruotsi .....	69
6.2.2	Norja .....	70
6.2.3	Saksa.....	70
6.2.4	Japani .....	71
6.3	Vientiverkostojen kehittäminen .....	73
7.	Johtopäätökset ja pohdinta .....	73
	Lähteet .....	77

## 1. Johdanto

---

Tämä loppuraportti on selostus EAKR Life City -hankkeen taustoista, tavoitteista ja käytännön toimenpiteistä, joita suoritettiin hankkeen aikana. Samalla se on kooste tärkeimmistä hankkeen aikana laadituista raporteista sekä muista esittely- ja tulosmateriaaleista. Raportti pitää sisällään lyhyet katsaukset kussakin erillisraportissa käsiteltyihin aiheisiin. Eri aihealueisiin voi perehtyä tarkemmin varsinaisista hankeraporteista, jotka ovat julkisesti saatavilla Life City -hankkeen nettisivuilla osoitteessa: <http://www.vtt.fi/sites/lifecity/materiaalit>

Raportti on jaettu seitsemään osaan, joista ensimmäisessä on kuvattu hankkeen taustaa ja tavoitteita, hankkeen työpaketit sekä Life City -konseptin kehityksen taustoja. Kappaleet 2-3 liittyvät hankkeen ensimmäiseen työpakettiin, jossa tarkasteltiin taustatietoina nykyaikaisen, urbaanin asumisen elinkaarta ekologisissa ja älykkäästi toimivissa kaupungeissa. Kappale 4 liittyy hankkeen työpakettiin numero 2, Life City -vientikonseptin ja osakonseptien kehittäminen, jonka toteutuksesta vastasi Ab CASE-consult Ltd, yhteistyössä VTT:n ja mukana olleiden yritysten kanssa. Kappaleessa 5 on kerrattu hankkeen työpaketissa 3 tarkasteltuja teemoja liittyen yhteisöllisiin ja nykyaikaisiin suunnittelu- ja tuotantomenetelmiin sekä 3D-tietomallinnukseen modulaarisessa massiivipuورakentamisessa. Kappale 6 liittyy hankkeen työpakettiin numero 4, jossa selvitettiin kohdemaiden markkinoita ja suomalaisten puutuotealan yritysten vientiosaamista ja kehitystarpeita. Tähän liittyvän kyselyn tulokset on koottu kyseiseen kappaleeseen. Kappaleessa 7 on esitetty hankkeen tuloksia, johtopäätöksiä ja mahdollisia jatkotutkimusaiheita.

### 1.1 Hankkeen taustaa

Pohjois-Pohjanmaalla ja sitä ympäröivillä alueilla Pohjois- ja Itä-Suomessa on vahvaa osaamista puuarkkitehtuurin, puutalosuunnittelun ja -rakentamisen alalla, ja alan kehittymistä kansainväliseksi vientiliiketoiminnaksi olisi edistettävä muun muassa tutkimuksen ja innovaatiotoiminnan keinoin. Voimistuvan kaupungistumisen myötä asuinrakentamisen ja ekologisten alueiden kaavoituksen trendit ovat joka puolella maailmaa muuttumassa, myös Suomessa ja muissa pohjoismaissa. Tämä tuo uusia haasteita, mutta osaltaan myös avaa suomalaiselle puutuoteteollisuudelle sekä siihen liitännäisille tuotteille ja palveluille uusia globaaleja liiketoimintamahdollisuuksia.

Kaupunki- ja aluerakentamisessa on selkeä tarve kokonaisvaltaiselle konseptille, joka on energia- ja kustannustehokas sekä hiilineutraali, ja joka täyttää uusimmat kansainväliset energia- ja ilmastopoliittiset päämäärät. Myös ilmastomuutoksen myötä tarvitaan uusia ratkaisuja kestävään ja resilienttiin rakentamiseen. Yhdistämällä Pohjois-Pohjanmaan ja koko Suomen kestäväan rakentamisen ja korkean teknologian osaamista sekä vahvistamalla pk-yritysten yhteistyötä voidaan luoda kokonaisuus - ekosysteemi - jolla on huomattavaa kansainvälistä liiketoimintapotentiaalia. Pohjois-Suomessa halutaan luoda uutta yrittäjyyttä ja työpaikkoja puun ja biomassan jalostuksen arvoketjuun, kun taas useilla vientikohdealueilla on tunnistettu selkeä tarve rakennetun ympäristön kokonaisvaltaisiin energiatehokkaisiin ratkaisuihin.

Life City -konseptinkehityksen alkusysäys koettiin vuonna 2011 Itä-Japanin suuren tsunami-katastrofin jälkimainingeissa. Silloin monet kansainväliset tahot alkoivat tosissaan miettiä uusia kokonaisvaltaisia ratkaisumalleja luonnonkatastrofien tuhoamien kokonaisten kylien ja jopa kaupunginosien nopeaa, kustannustehokasta, ympäristöystävällistä sekä ennen kaikkea asukkaita yhdistävää jälleenrakentamista ajatellen. Modulaariseen massiivipuورakentamiseen perustuva aluerakentamisen konsepti *LifeCity* sai alkunsa, ja sitä on kehitetty eteenpäin useissa tutkimus- ja kehityshankkeissa, ja nyt viimeisimpänä EAKR Life City -hankkeessa. Kehitystyö jatkunee edelleen tulevilla jatkohankkeilla.



## 1.2 Tavoitteet ja toteutus

Euroopan aluekehitysrahaston (EAKR), mukana olleiden yritysten, VTT:n ja Oulun yliopiston rahoittama Life City - suomalaisen puurakentamisen kansainvälinen konsepti -hanke (2015 - 2017) kehitti kaupunki- ja aluerakentamiseen kokonaisvaltaisen konseptin, joka on energia- ja kustannustehokas sekä CO<sub>2</sub>-neutraali, ja joka täyttää uusimmat EU:n asettamat energia- ja ilmastopoliittiset päämäärät. Konseptissa huomioidaan puualuerakentamisen lisäksi myös rakennusten ja infrastruktuurin tekniset ratkaisut, joiden energiatalous perustuu erittäin suuressa määrin uusiutuvien energialähteiden käyttöön. Konseptissa huomioidaan myös liikkuminen ja logistiset ratkaisut. Teknisten seikkojen lisäksi Life City -konseptissa painotetaan myös yhteisöllisiä ja sosiaalisia lähtökohtia.

Life City -hankkeessa tutkittiin ja pyrittiin kehittämään ratkaisumalleja keskeisiin teollisen puurakentamisen tehokkuuden ongelmiin. Hankkeessa kehitettiin prosesseja arvoketjujen hallintaan yhteisöllisten puurakennusten ja puukerrostalojen rakentamisessa kaupunkiympäristöön. Yhtenä päätavoitteena oli puurakentamisen ja puuelementtituotannon teollisten prosessien virtaviivaistaminen innovatiivisten toimintamallien ja yhteistyön kehittämisen kautta. Myös suunnittelun ja tuotannon toimintatapoja tehostettiin.

3D-tietomallisuunnittelulla on monissa selvityksissä todettu poikkeuksetta olevan kustannussäästöjä vaativissa projekteissa. Erityisesti säästöt realisoituvat virheiden vähenemisenä. 3D-tietomallinnuksen hyödyt korostuvat jalostusarvon noustessa (esim. insinööripuutuotteet) ja erikoistuotteita käytettäessä. Life City -hankkeen tiimoilta kyetään luomaan aihio, jota yritykset voivat kehittää eteenpäin omin panostuksin hankkeen jälkeen. Aihion lisäksi tavoitteena oli tuottaa osaamista suunnitteluun ja prosessiin, sekä mahdollisuus luoda uusia toimintamalleja tilaamisesta toteutukseen.

Yhtenä päätavoitteena oli luoda hankkeeseen osallistuville yrityksille yhteinen puurakentamisen vientikonsepti, jossa on hyödynnetty kaikkien osallistujien tuotteita, osaamista ja muita vahvuuksia. Konseptilla ei pyritä vain "tekniseen" suoritukseen vaan pyritään luomaan raami siitä, miten tilaaminen, suunnittelu, tuotanto ja rakentaminen yhdistetään aidoksi hallituksi kokonaisuudeksi *"from forest to cities"*. Edelleen tavoitteena oli tarjota kustannustehokas ja laadukas tuotepaketti, joka soveltuu myös ulkomaan markkinoille.

Life City -hankkeen pääasialliset tavoitteet olivat:

1. Työstää puurakentamisen suunnittelu- ja rakennustapa sekä toteutusprosessi valmiiksi konsepteiksi ja teollisiksi tuotteiksi.
2. Parantaa puurakentamisen energia- ja kustannustehokkuutta tutkimuksella ja uusilla innovaatioilla.
3. Selvittää markkinoiden tarpeita ja avata vientimarkkinoita puurakentamiselle. Pääkohdemaita ovat Japani, Saksa, Ruotsi ja Norja.
4. Vahvistaa puurakentamisen yhteistyöverkostoja.
5. Integroida Pohjois- ja Itä-Suomen alueen TKI-osaaminen puutuote- ja puurakennusalan vientiyritysten toimintaan.
6. Tukea vientimarkkinoilla toimivien yritysten yhteisen liiketoimintastrategian ja -"ekosysteemin" kehittämistä.
7. Käynnistää pilottirakennuskohteita Suomessa sekä potentiaalisimmissa vientikohteissa.

Hanke koostui neljästä työpaketista (TP):

TP1: Puutalokorttelin/-alueen elinkaariyhteisön toimintamalli



- Kestävän, vähähiilisen, energia- ja ekotehokkaan puutalokorttelialueen tekniset ja sosiaaliset reunaehdot
- VTT:n EcoCity -konseptin soveltaminen kohdemaan olosuhteet huomioon ottaen
- Asumisen elinkaari ja soveltuvat ICT- ja teknologiaratkaisut (mm. hajautetut energiaratkaisut, vesihuolto, automaatio- ja talotekniikka, logistiikka)

TP2: Puutalomalliston ja -korttelin/alueen vientikonsepti (tekninen ja tuotannollinen)

- Kohdealueiden paikalliset tarpeet, olosuhteet ja käytännöt
- Suomalaisen vientiyhteistyön edellytykset ja vaatimukset
- Kokonaiskonseptin laatiminen valittavalle suunnittelualueelle
- Pilottikonseptin suunnittelu ja testaus

TP3: Yhteisölliset ja interaktiiviset visualisointi-, suunnittelu- ja tuotantotekniikat

- Uudet yhteisölliset suunnittelu- ja markkinointimenetelmät, Co-creation
- Sovellettavat menetelmät ja tekniikat esim. Cave Lab, Design Thinking, Artist-in-Lab, 3D-tietomallisuunnittelu, CAD-CAM
- Hanketoimijoiden yhteinen kokonaistoimitusprosessi

TP4: Yritys- ja TKI-verkoston osaamisen integrointi sekä vientiyhteistyön kehittäminen

- Arvoverkon yhteisen liiketoimintaekosysteemin kuvaus, konseptin liiketoimintapotentiaalin ja kilpailukyvyn arviointi, koulutus- ja kehittämistarpeiden määrittäminen
- Tarvittavat puualan ja -tuotteiden standardit ja sertifikaatit sekä muut vaatimukset ja niiden hankinnan edellytykset.

Hanke pyrki osaltaan tukemaan yritysten tuotteiden markkinointia ja edistämään vientiä tarjoamalla Life City -konseptialustan lisäksi tietoa kohdemarkkinoiden tarpeista. Hankkeessa yritykset pääsivät osaksi nykyaikaista ympäristövastuullista ja ilmastonmukaista puurakentamiskonseptia, jonka perusideana on hyödyntää fiksulla tavalla mukana olevien yritysten tuotteita ja osaamista. Hankkeen kautta yritykset olivat mukana tarjoamassa konseptia merkittävillä kotimaisilla ja ulkomaisilla tilaajilla (julkinen sektori kuten aluehallinnot, kunnat, kaupungit, aluekehittäjät sekä muut rakentamisalan yritykset).

Lisäksi yritykset pääsivät mukaan esittelemään tuotteitaan messuille ja näyttelytapahtumiin valikoituihin vientikohdemaihin, Japaniin (mm. Japan Home & Building Show 2015), Norjaan (Tromssa Arctic Frontiers 2016) sekä Kazakstaniin (Astanan maailmannäyttely vuonna 2017). Hankkeessa haettiin edustavaa koerakennuskohdetta ensin Suomessa, sitten vientikohdemaissa. Vientikonseptin pääkohteita olivat Japani, Saksa ja pohjoismaat, sekä hankkeen loppupuolella myös Kazakstan.

### 1.3 Konseptikehityksen lähtökohdat Life City -hankkeessa

Alun perin Life City -hankkeen idea oli luoda suomalaisten ja japanilaisten sidosryhmien välille asiantuntijaverkosto, joka kykenisi suunnittelemaan ekologisen, puurakentamiseen perustuvan älykaupunki -konseptin tsunamin vuonna 2011 tuhoamille alueille Japanissa. Alueen jälleenrakennus oli tehottomasti järjestetty; ratkaisut olivat väliaikaisia ja energiaa kuluttavia. Osa alueesta on vielä tänäkin päivänä rakentamatta rakennusprojektien myöhästymisen vuoksi. Life City -konseptin perusajatus lähteekin siitä olettamasta, että yhteisöjen täytyy itse ratkaista jälleenrakennusongelmansa. Yhteisö, viranomaiset ja yritykset tarvitsevat kuitenkin innovatiivisia ratkaisuja, jotka voivat toimia kestävän kehityksen käynnistäjinä alhaalta ylöspäin.

Ensimmäisenä toimenä oli vahvistaa olemassa olevia suhteita ja kehittää yhteistyötä japanilaisten ja suomalaisten yritysten sekä muiden toimijoiden välillä. Lisäksi ajatuksena oli,

että paikallisten viranomaisten pitäisi löytää uusia mahdollisuuksia älykkään ja ekotehokkaan alueen konseptisuunnittelulle ja kenties jopa konkreettisten pilottiprojektien käyntiin laittamiselle. Onnistuessaan tämä voisi avata potentiaalisia markkinoita suomalaiselle rakennusteollisuudelle, joka keskittyy uudentyyppeihin, ekologisiin ja modulaarisiin ratkaisuihin.

Life City ei ole pelkästään tekninen ratkaisu; sen on tarkoitus olla inspiroiva ja tervehenkinen elämäntapa ja -filosofia. Se pyrkii antamaan mahdollisuuden elää ekologista ja terveellistä elämää helposti, ilman jatkuvia monimutkaisia ja vaikeita valintoja, ilman turhaa epävarmuutta esimerkiksi energian riittävydestä asunnon lämmittämiseen. Isossa mittakaavassa se luo myös mallin ajatukselle, että taloudellinen kasvu ja ekotehokkuus ovat mahdollisia samanaikaisesti.

Life City -hankkeen tuotesisältö muodostuu neljästä pääkonseptista:

1. YHTEISÖ. Sosiaalisen ja turvallisen yhteisön muodostaminen kaupunkisuunnittelun keinoin.
2. KAAVOITUS. Kestävä puukaupunkirakenne ja kaavoitusvaatimukset.
3. INFRASTRUKTUURI. Ekologinen energiaa säästävä ja älykäs kunnallistekniikka, erityisesti energiainfrastruktuuri.
4. PUURAKENTAMINEN. Kustannus- ja energiatehokkaan puurakennusmalliston suunnittelu.



Kuva 1. Life City -konseptin arvolupaus- sekä kehitettävät alueet.

Kuva 1 esittää Life City -konseptin arvot sekä teknistaloudelliset ja sosiaaliset kulmakivet. Kehitysalueet sisältävät ekologisen aluesuunnittelun, vähähiilisen energiainfrastruktuurin, ekologiset rakennusratkaisut ja ihmisläheiset älykkäät yhteisöratkaisut. Näiden teknisten, taloudellisten ja yhteisöllisten kehityskohteiden on tarkoitus kasvattaa ekologista kestävyyttä, älykkyyttä, turvallisuutta, hyvinvointia ja sosiaalista innostusta Life City -yhteisöissä.

## 2. Kestävän ja älykkäästi rakennetun ympäristön määritelmiä ja taustatekijöitä

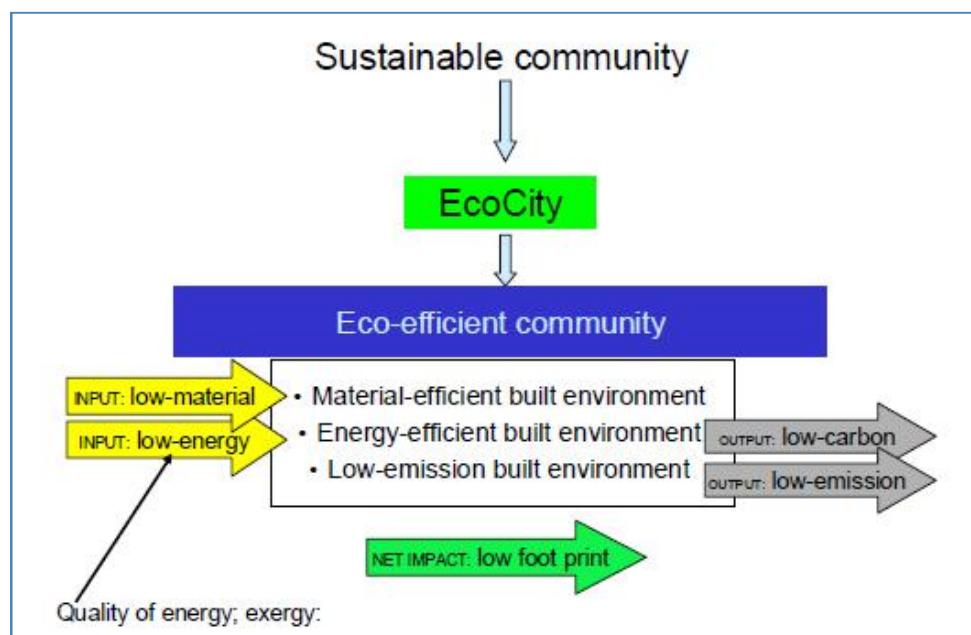
### 2.1 Kestävät yhteisöt ja EcoCity -ajattelu

Ekologisten kaupunkien suunnittelulla on jo pitkä historia, ja käytön aihepiiri ja maantieteellinen vaikutusalue ovat kasvaneet tässä ajassa. Tavoitteet, näkemykset ekologisuudesta ja toteutustavat ovat aikojen kuluessa jonkin verran vaihdelleet. Käytetyt termit ovat vaihdelleet vuosien kuluessa, näitä ovat olleet esimerkiksi: ecological town development, sustainable city development, SolarCity development ja EcoCity development.

Ecocity-termiä käytti ensimmäisenä Richard Register kirjassaan "Ecocity Berkeley: Building Cities for a Healthy Future" (1987). Teoksessaan "Rebuilding cities in balance with nature" (2006) hän kiteytti ajatuksiaan kaupungeista, luonnosta ja ihmisyydestä. Hän vertaa kaupunkia elävään organismiin omine tukirankoineen (arkkitehtuuri), lihaksineen (koneet, generaattorit, pumpput), sydämineen ja verenkiertojärjestelmineen (kadut, energia- ja jätevesiverkot) jne.

Kestävä kehitys ymmärretään usein "pilareiden" avulla, joita voi olla kaksi, kolme tai viisi ja jotka ovat vuorovaikutuksessa keskenään. Kolmen pilarin versiossa toimintaa arvioidaan taloudellisen hyvinvoinnin, ympäristön hyvinvoinnin ja sosiaalisen oikeudenmukaisuuden näkökulmista. Jos kestävä kehitys tarkastellaan viiden pilarin avulla, otetaan mukaan myös poliittinen ja kulttuurinen ulottuvuus. Brundtlandin komission ydinsanoma on, että ihmisten ja luonnon hyvinvointi riippuvat toisistaan – riippumatta siitä, kuinka montaa pilaria teoreettisissa kehitelmissä päätetään käyttää (Gibson 2000, Vainio et al. 2012).

EcoCity on suoraan jatkoa kestävästä yhteiskunnan kehittämiselle (sustainable community). Ekologisen kaupungin keskeinen ydin on energiatehokkuudessa, mutta samalla otetaan huomioon vaikutukset ympäristölle ja asukkaille, jolloin voidaan puhua laajemmin ekotehokkuudesta (kuva 2).



Kuva 2. Ekotehokkuuden avaintekijät ovat materiaali- ja energiatehokkuus ja vähäiset ympäristöpäästöt (Nieminen et al. 2010).

EcoCity on kaupunki tai yhdyskunta, joka on rakennettu ympäristön huomioivan asumisen periaatteista. Useimpien ekologisten kaupunkien lopullinen päämäärä on poistaa kaikki hiilijäte, tuottaa kaikki energia uusiutuvilla energialähteillä ja sisällyttää ympäristö kaupunkiin; ekologisilla kaupungeilla on myös aikomus stimuloida taloudellista kasvua, vähentää

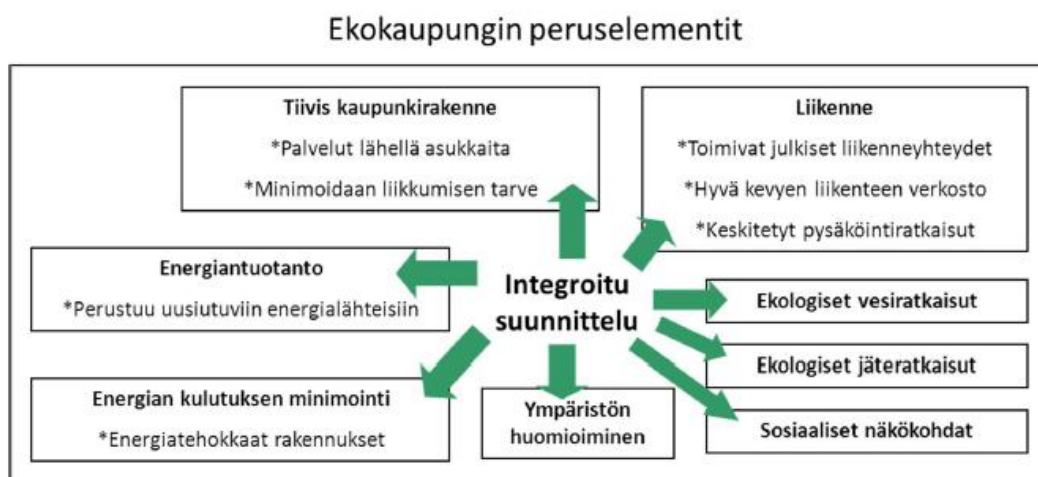
köyhyyttä, parantaa terveyttä sekä järjestää kaupunkeihin korkeampi asukastiheys ja sen vuoksi myös korkeampi tehokkuus. (Paloheimo E. 2008)

EcoCity, ekologinen kaupunki on olennaisesti nähty yhteisönä, jolla on korkea ekologinen laatu, mutta samaan aikaan se on teknologisesti kehittynyt. Puhtaasti nämä kriteerit täyttävää kaupunkia ei ole vielä toteutettu missään päin maailmaa. Yritykset toteuttaa ekologinen ja älykäs kaupunki on tähän mennessä perustunut eri teknologioiden tai sektoreiden optimointiin sekä kompromissiratkaisuihin korkeatasoisten tavoitteiden ja nykyisen suunnittelutason välillä. (Tuominen et al. 2015; Nieminen et al. 2010)

### 2.1.1 VTT:n EcoCity-lähestymistapa

VTT:n EcoCity-konsepti on muotoutunut vuosikymmenien aikana toteutettujen hankkeiden kautta. Hankkeita on toteutettu eri puolilla maailmaa, Suomen lisäksi esimerkiksi Venäjällä, Kiinassa, Keniassa, Egyptissä ja Zambiassa. Hankkeet on aina toteutettu yhdessä paikallisten toimijoiden kanssa. Tällä taataan paikallisen kulttuuriin ja asiantuntemuksen hyväksikäyttö.

VTT:n EcoCity suunnittelun peruselementteinä on useissa yhteyksissä tuotu esille tiivis kaupunkirakenne, puhdas energiantuotanto uusiutuvista energialähteistä, alueen energian kulutuksen minimointi, kestävät liikennelähtökäsit, ekologiset vesi- ja jätehuoltorätkäisit sekä ympäristön ja sosiaalisten näkökohtien huomioiminen (kuva 3).



Kuva 3. Ekokaupungin suunnittelussa huomioitavat peruselementit, joista jokaisen suunnittelu on hoidettava siten, että siinä huomioidaan myös muut osa-alueet. (Nystedt et al. 2012, Hedman et al. 2014)

VTT:n EcoCity -konseptin lähestymistapa kehitettiin vastaamaan parhaalla mahdollisella tavalla edellä kuvattuja haasteita ja tavoitteita yhteistyössä paikallisten kumppanien kanssa ja se voidaan tiivistää seuraavasti:

- § Uusimpien toimiviksi varmistettujen teknologioiden ja innovatiivisten palveluiden paras yhdistelmä, joka muodostaa kestäviä ratkaisuja, ja jotka tuottavat käyttäjille ja asukkaille korkealaatuista elämää sekä sisä- että ulkoilmamukavuutta.
- § EcoCityn teknologiset ja toiminnalliset ratkaisut riippuvat aina paikallisista olosuhteista ja niiden tulee olla räätälöityjä sosioekonomisiin realiteetteihin.
- § Yksi ratkaisu ei sovi kaikkeen ja lukemattomia mahdollisuuksia pitää tutkia, jotta soveltuvin ratkaisu kyseiseen tilanteeseen ja olosuhteeseen löytyy.
- § Toimiva kokonaisuus vaatii huomattavan paljon tietoa paikallisista perinteistä, toimintatavoista, käytännön havainnoista, käytettävissä olevista materiaaleista ja teknologiasta, sekä pätevistä kumppaneista.

Tiiviin kaupunkirakenteen etuja ovat muun muassa:

- § Tarvitaan vähemmän maapinta-alaa
- § Päivittäiset palvelut lähellä kotia
- § Pienempi liikkumisen tarve (kävely, pyöräily, sähköiset liikkumisvälineet)
- § Kaukolämpöverkoston siirtohäviöt pienenevät
- § Muutkin infrakustannukset pienenevät (tiet, sähköjohdot, vesi- ja viemäriputket jne.)

Ei ole kuitenkaan olemassa vain yhtä *EcoCity* -konseptia vaan joukko mahdollisuuksia, jotka tulee sovittaa paikalliseen kontekstiin, kulttuuriin ja ekonomisiin realiteetteihin. Tällä tavoin on mahdollista saavuttaa paikalliset resurssit huomioon ottava ratkaisu, joka samalla täyttää ekokaupungille asetetut korkeat tavoitteet. Huipputeknologiset ratkaisut ovat yksi tie EcoCityyn, mutta ne eivät missään nimessä ole ainoa tavoite. (Tuominen et al. 2015; Nieminen et al. 2010)

## 2.2 Smart Cities - fiksusti toimivat kaupungit

### 2.2.1 Älykkään kaupungin määritelmiä

"Smart City" yhdistetään käsitteenä vahvasti teknologiaan, mutta se tarkoittaa paljon muutakin. Kaupunkien on tarjottava asukkailleen elämisen helppoutta ja hyvinvointia, mahdollistettava suotuisa liiketoimintaympäristö yrityksille, sekä varmistettava palvelujen joustavuus ja tehokkuus. Tämä kaikki samalla, kun huomioidaan kestävän kehityksen asettamat vaatimukset. Smart City voidaan nähdä kokonaisuutena, jossa teknologia tukee kaupungeja pääsemään tavoitteisiinsa.

Smart City -käsite ymmärretään väljästi kuvaamaan kaupunkien innovatiivista kehitystä informaatio- ja kommunikaatioteknologiaa hyväksikäyttäen. Smart Citeissä pyritään ekotehokkuuteen ja elämänlaadun parantamiseen. Suomessa erityisesti Helsinki, mutta myös Oulu ja Tampere ovat hyvin sijoittuneita kansainvälisissä Smart City -vertailuissa. Suomessa on paljon kokeiluja muuhun maailmaan verrattuna fiksusta hallinnosta kuten päätöksenteko prosessien datan avaamisesta kaikille. Muita Suomen etuja ovat yksityisen ja julkisen sektorin välinen yhteistyö ja sängen toimiva innovaatiojärjestelmä. Tämä mahdollistaa ketterän kaupunkikeksintöjen kokeilun vaikkapa vanhoissa lähiöissä ja retrofitting operaatioissa. (Mustonen et al. 2014)

Käytännössä ei kuitenkaan ole olemassa vain yhdenlaista määritelmää kaikinpuolin kestävästi ja älykkäästi rakennetulle kaupunkiympäristölle, *Smart Citylle*. Älykaupunki kokonaisvaltaisena konseptina on ollut ja on edelleen melko kiistanalainen. Jokin, mikä on älykästä jollekin toiselle ihmiselle tai sidosryhmälle saattaa olla täysin turhaa tai jopa haitallista toiselle. Nämä ovat hyvin usein tottumus-, mielipide- tai poliittisia kysymyksiä. Se, mitä älykäs kaupunki tai Smart City tarkalleen ottaen tarkoittaa, on syytä jättää kaupunkien ja niiden asukkaiden päätettäväksi.

Terminologisista ja sisältöön liittyvistä haasteista huolimatta älykkäälle kaupungille on olemassa joitakin vakiintuneita määritelmiä, joihin usein aihepiirin julkaisuissa viitataan. Kaupunki voi esimerkiksi olla määritelty älykkääksi, kun investoidaan henkiseen ja sosiaaliseen pääomaan ja perinteinen (esim. Liikenne) ja moderni (esim. ICT) kommunikaatorakenne ruokkii kestävästä taloudellisesta kehitystä ja korkeaa elintasoa älykkäällä luonnonvarojen johtamisella ja osallistavilla toimenpiteillä ja sopimuksilla. (Caragliu et al. 2009)

Älykkäät kaupungit voidaan tunnistaa ja jaotella kuudella pääominaisuudella tai määritelmällä:

- § Talous
- § Liikkuvuus
- § Ympäristö



- § Ihmiset
- § Asuminen
- § Hallinto

Nämä kuusi akselia yhdistävät perinteiset alueelliset ja uusklassiset teorit kaupungin kasvusta ja kehityksestä. Erityisesti akselit perustuvat teorioihin alueellisesta kilpailusta, liikenteestä ja ICT taloudesta, luonnonvaroista, henkisestä ja sosiaalisesta pääomasta ja kaupunkilaisten osallistumisesta kaupunkien hallintoon. (Caragliu et al. 2009)

Smart cityt yhdistävät erilaisia teknologioita vähentääkseen ympäristövaikutuksia ja tarjotakseen kaupunkilaisille parempaa elämänlaatua. Tämä ei kuitenkaan ole vain tekninen haaste. Hallituksen ja yhteiskunnan organisaatiomuutos on välttämätön. Kaupungin älykkääksi tekeminen on tämän vuoksi hyvin monitahoinen haaste, tuoden yhteen kaupungin viranomaiset, innovatiiviset tuottajat, kansalliset ja EU poliitikot sekä akateemisen- ja kansalaisyhteiskunnan. (The European Innovation Partnership on Smart Cities and Communities 2017)

Fiksu kaupunki on sellainen, jossa ihmisten on helppo elää. Smart City ei ole konsepti, jonka voi rakentaa ihmisille – se täytyy tehdä yhdessä ihmisten kanssa. Vain avoimen demokraattisen prosessin kautta on mahdollista luoda fiksuja elinympäristöjä, joissa ihmiset viihtyvät. Yhdessä tekeminen vaatii kuitenkin rohkeutta ja nopeaa reagointikykyä toimijoilta.

#### 2.2.2 VTT:n Smart City kehitystyö

Perinteisesti yhteiskunnan järjestelmien optimi sen eri merkityksissä on saavutettu erilaisilla keskitetyillä ratkaisuilla. Esimerkiksi energian tuotanto ja jakelu ovat perustuneet suuriin voimaloihin. Julkinen liikenne puolestaan on perustunut kiinteisiin reitteihin, aikatauluihin ja vain julkiseen liikenteeseen varattuun ajoneuvokalustoon. Vähittäiskauppa on hakenut tehokkuutta suurten ostokeskusten ja tavaratalojen avulla, ja julkinen hallinto ja päätöksenteko julkisista palveluista on luovutettu valittujen edustajien ja virkamiesten luoman keskushallinnon varaan.

Tieto- ja viestintätekniikan kehitys on mahdollistanut tehokkuuden ja vaikuttavuuden hakemisen aivan uudella tavalla. Hajautettu energiantuotanto on mahdollista, kun paikallinen, jopa rakennuskohtainen, energiantuotanto voidaan tuoda hallitusti osaksi koko energiajärjestelmää. Liikenne muuttuu resurssitehokkaammaksi ja paremmin tarvetta vastaavaksi, kun kuljetuspalvelut saadaan reagoimaan ketterämmin todelliseen tarpeeseen esimerkiksi kutsuperustaisen liikenteen tai monikäyttöisen ajoneuvokaluston avulla.

Teknologian tutkimuskeskus VTT on ollut aktiivisesti mukana luomassa ja kehittämässä älykaupunkeihin liittyviä teknologioita, toimintatapoja ja prosesseja useissa kansallisissa ja kansainvälisissä hankekokonaisuuksissa. Kestävän ja älykkään kaupunkisuunnittelun tueksi VTT on kehittänyt CityTune™-työkalupakin, joka varioidaan jokaisen asiakkaan ja kaupungin tarpeisiin sopivaksi. CityTune™ koostuu laajasta valikoimasta arviointimenetelmiä ja työkaluja: arviointiin ja benchmarkkaukseen sopiva älykkäiden kaupunkien indikaattorikehys ([CityKEYS-projektin päätulos](#)), kaupunkisuunnittelun työkalut ([Kaavoituksen ekolaskuri KEKO](#)), rakennetun ympäristön energiantarpeen arviointityökalu ([Rakennuskannan energia-tehokkuuden ja päästövaikutusten arviointimalli REMA](#)), energiasuunnittelun ja optimoinnin työkalu ([CITYOPT-projektin tulos](#)), sekä [APROS-ohjelma](#) tarkkaan energiajärjestelmien simulointiin. Tämän työkalupakin avulla kaupunkisuunnittelun valintoja pystytään hyvin arvioimaan tarpeen mukaisella tarkkuustasolla, ja tulosten avulla kaavoittajat pystyvät helpommin perustelemaan tehdyt valinnat ja näyttämään niiden vaikutukset päätöstentekijöille ja asukkaille.

Teknisten ratkaisujen ja niiden ympäristö- ja kustannusvaikutusten lisäksi VTT on kehittänyt ratkaisuja ja Living Labeja myös tukemaan ja auttamaan molempiin suuntiin kulkevaa

viestintää kaupunkisuunnittelijoiden, päätöstentekijöiden ja asukkaiden ja alueen muiden käyttäjien välillä. Tämän uskotaan helpottavan ja nopeuttavan kaavoitusprosessin läpivientiä, joka monine kommentointikierroksineen voi olla hyvinkin aikaa ja resursseja vievää työtä.

Yhteentoimivuus tulee olemaan yksi keskeisimmistä haasteista Smart City -kehityksessä. Oleellista on haastaa toimijakenttää miettimään uudenlaisia toimintamalleja, jotka tukevat modulaarisuutta ja yhteentoimivuutta. Suomi voisi toimia suunnannäyttäjänä, ja ottaa avoimuuden valttikortikseen myös kansainvälisessä Smart City-kilpailussa.

Life City -konsepti on yhtä aikaa sekä ekologisen että älykkään kaupunkirakentamisen konsepti, jossa yhdistyvät:

#### **Ekologiset sekä energia- ja kustannustehokkaat (puu)rakennukset**

- § Teollisesti esivalmistetut massiivipuuelementit esim. CLT, LVL, hirsi.
- § Uusien puupohjaisten- ja muiden biomateriaalien kehitys VTT:llä ja testaaminen käytännön kohteissa.
- § Kiinteistö-IoT:n, langattomien sensoreiden, ennakoivan data-analytiikan, tietomallien ja esim. koneoppimisen hyödyntäminen osana ekologista rakentamista.

#### **'Ekotehokkaat' alueet / rakennettu ympäristö / puukorttelit**

- § Hajautettu, pääosin uusiutuviin energialähteisiin perustuva energiantuotanto. Integroidut alueelliset ja rakennuskohtaiset (hybrid)energiajärjestelmät: aurinkosähkö- ja lämpö, lämpöpumput, jne. uudet ratkaisut. Myös kaukolämpö silloin kun se on kokonaisedullisin ratkaisu.
- § Fiksuun anturointiin perustuva automaattinen ohjaus- ja säätö, terveellisyys, viihtyvyys, sisäolosuhteiden painottaminen.
- § Kortteli, alue, kaupunginosa -tasoinen tarkastelu.
- § Älyverkot, smart grid, kysyntäjousto, automaattinen ohjaus ja säätö.
- § Uusiutuvat energialähteet, hajautetut mutta integroidut energiaratkaisut, off-grid ratkaisut esim. katastrofialueille.
- § Aurinko, tuuli, biopolttoaineet, mikro CHP, pienet konttivoimalat jne.
- § Uudet ekologiset vesi-, jätevesi- ja jätehuoltoratkaisut.

### **3. Asumisen elinkaareen liittyvät teknologiset ratkaisut**

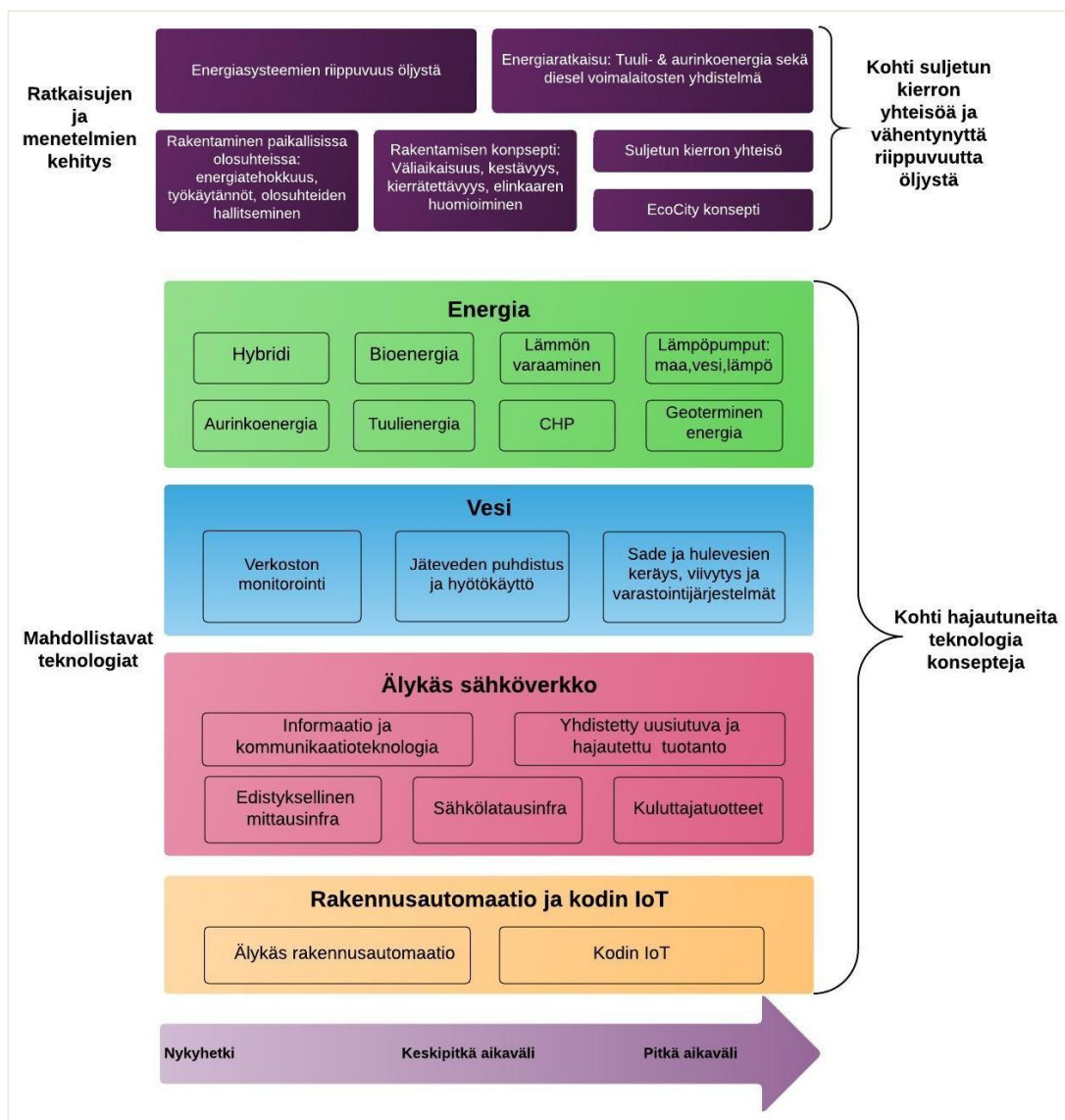
---

Tässä osiossa kuvataan potentiaalisia asumisen elinkaareen ja siihen soveltuvien teknologisten ratkaisujen ominaisuuksia Life City -konseptin suunnittelun tueksi. CEE:n toteuttamassa selvityksessä ja siihen liittyvässä erillisraportissa painopisteenä olivat sekä asuinalueen laajuiset, että talokohtaiset ratkaisut. Tarkasteltuina osa-alueita raportissa olivat:

- § hajautetut energiaratkaisut
- § vesihuolto
- § älykäs sähköverkko (smart grid)
- § rakennusautomaatio ja IoT-teknologia

Osa-alueet liittyvät vahvasti VTT:n kehittämiin EcoCity- ja Smart City -lähestymistapoihin. Jokaisen osa-alueen alla on vallitsevien tekniikoiden nykytilan ja tulevaisuuden kuvaus sekä yritys-esimerkkejä eri kategorioihin liittyen listattuna. Kuva 4. esittää näkemystä huomioitavista teknologioista - pohjana on teknologisen tiekartan malli.





Kuva 4. Life City hankkeen teknologinen tiekartta.

Yksi osa-alue, joka on kokenut nopeita muutoksia, ovat tuotteet ja palvelut, jotka liittyvät ns. älykkäisiin rakennuksiin tai asumiseen liittyviin älykkäisiin energiaratkaisuihin. Frost ja Sullivan (2014) arvioivat markkinoiden suuruudeksi 82,5 miljardia dollaria älyrakennuksille ja 183 miljardia dollaria älykkääseen energiaan. (Frost & Sullivan 2014).

Älykkäisiin rakennuksiin teknologiaa tuottavat yritykset yhdistelevät eri tavoilla energian hallintaa – esim. mittaustekniikka, digitaaliset palvelut, pelilliset tuotteet, automaatio. Avaimet käteen ratkaisut asumisessa houkuttelevat kuluttajia muuttamaan kulutuskäyttäytymistään. (Demos Helsinki Cleantech 2015).

Kuluttajalähtöisen liiketoiminnan kannalta resurssitehokkuuden lisäämiseen liittyviä kategorioita ovat:

- § jakaminen
  - resurssien tehokkaampi käyttäminen jakamalla ja hajauttamalla käyttöä, resurssiälykyys.
- § optimointi
  - rakennusten ja ajoneuvojen energiatehokkuuden parantaminen esim. datan hallinta, älykoti ja mittaamistekniikat
- § kierrätys ja uudelleen kehittäminen
  - energiatehokkuuden parantaminen, kiertotalouden sovellukset

- § dematerialisaatio ja älylisä
  - resurssi intensiivisten alojen uudet ratkaisut (Demos Helsinki Cleantech 2015)

## 3.1 Energia

### 3.1.1 Energiaomavaraisuus

Energiaomavaraisuudella tarkoitetaan sitä, että tuotetaan lämpöä, sähköä, liikenteen polttoainetta omaan tarpeeseen. Tuotetun energian määrä on tarpeeksi ylijäämäinen, että sillä katetaan myös ne energianmuodot, joita ei tuoteta itse. Syinä omavaraisuuden tavoitteluun on usein riippumattomuus energian saatavuudesta ja hinnanmuutoksista, mahdollisuus ansaita itsetuotetulla energialla ja esimerkiksi ekologiset syyt. Riippuen alueen rakennuskannasta ja uusiutuvan energian paikallisista tuotantomahdollisuuksista energiaomavaraisuus voi toteutua eri tavoin.

Viime vuosina kiertotalouden malleja kehitetään liittyen myös asumiseen. Kiertotaloudella tarkoitetaan hyvin suunniteltua taloutta, jossa materiaalien hukkaaminen ja jätteen syntyminen on minimoitu. Kiertotalouteen siirtyminen on tulevaisuudessa väistämätöntä, koska esimerkiksi väestönkasvu ja luonnonvarojen niukkeneminen nostavat tulevaisuudessa raaka-aineiden hintoja ja heikentävät niiden saatavuutta. (Sitra 2014). Tämä käytännössä voisi tarkoittaa energiatehokkuuden optimointia ja esimerkiksi jäteveden ja teollisuuden hukkalämmön hyödyntämistä asuinalueiden lämmityksessä.

### 3.1.2 Energiatehokkuus

Energiatehokkuudella voidaan tässä yhteydessä tarkoittaa yhdyskuntiin liittyvää energiatehokkuutta ja rakennuksiin liittyvää energiatehokkuutta. Yhdyskunnan puolella energiatehokkuudella tarkoitetaan energajärjestelmän energiatehokkuutta.

Rakennuskohtaisesti voidaan jakaa seuraaviin elementteihin (Tuomaala et al. 2012):

- § talokohtainen energajärjestelmä
- § sähköjärjestelmä

LVI-järjestelmä

- § Valaistus
- § Muut laitejärjestelmät
- § Rakennuksen sisäympäristö: lämpö, lämmin vesi, ilma, jäähdytys, valaistus, toiminnot ja niiden energiankulutus

Energiatehokkuuden ohella voidaan mitata materiaalitehokkuutta eli esimerkiksi energiankulutuksen vähentäminen saattaa lisätä materiaalien kulutusta ja päinvastoin. Lisäksi voidaan mitata energian tuotannossa ja käytössä syntyvien päästöjen tai hiilijäljen määrää ja muita aiheutuvia muutoksia (esim. ilman laatu, melu). (Tuomaala et al. 2012)

Uudet rakennusten energiatehokkuusmääräykset astuivat voimaan 1. heinäkuuta 2012. Muutos on suuri koko rakennusallalle. Uusien energiatehokkuusmääräysten myötä ohjataan rakentamista entistä energiatehokkaampiin rakennuksiin. Suomi, kuten muutkin EU-maat, ovat sitoutuneet vähentämään energiankulutusta ja siitä aiheutuvia päästöjä sekä lisäämään uusiutuvien energioiden osuutta. Uusilla määräyksillä pyritään täyttämään Suomen sitoumukset EU:ssa sovitun mukaisesti. (Finlex 2013)

Rakennuksen tai sen osan kokonaisenergiankulutus eli E-luku (kWhE / (m<sup>2</sup> vuosi) ), määritetään laskemalla yhteen laskennallisen vuotuisen ostoenergian ja energiamuotojen kertomien tulot energiamuodoittain lämmitettyä nettoalaa kohden. Uusissa

rakentamismääräyksissä kokonaisenergian kulutuksen E-luku lasketaan rakennukseen ostettavan energian ja energiamuotojen kertoimien tulona. Uusi esitystapa antaa rakentajalle mahdollisuuden valita itse omat keinonsa vaaditun energiatehokkuuden saavuttamiseksi. Tarkoituksena on, että kaikki uudet rakennukset ovat vuoden 2020 jälkeen lähes nollaenergiataloja. Kuluttajille E-luvusta on käytännössä se hyöty, että he voivat helposti verrata talojen energiakustannuksia. Energiatehokkuuden vaatimukset ohjaavat kuluttajaa siihen suuntaan, että nämä tavoitteet saavutetaan. (Finlex 2013)

Energiatehokkuuden voi nähdä liittyvän koko rakentamisen elinkaareen, ei pelkästään rakentamisvaiheeseen. Perustana on energiaviisas maanhankinta, kaavoitus ja yhdyskuntarakenne. Ensimmäisellä tasolla ovat tontin valinta ja energia-arkkitehtuurin suunnittelu, toisella talotekninen ja rakennesuunnittelu ja kolmannella ylläpito.

### 3.1.3 Uusiutuvat energian lähteet

Hajautettu energiantuotanto liitetään usein myös termiin paikallinen energiantuotanto, jossa paikallisia resursseja hyödynnetään energiantuotannossa. Hajautetussa energiantuotannon teknologioiden avulla voidaan tuottaa pelkkää lämpöä tai sähköä ja osa teknologista kykenee lämmön ja sähkön yhteistuotantoon.

#### **Hajautetun energiantuotannon teknologiat:**

##### Bioenergia

Bioenergiaa voidaan hajautetussa energiantuotannossa hyödyntää polttamalla biomateriaaleihin sitoutunutta energiaa. Bioenergiaa ovat puuperäiset polttoaineet, peltobiomassat, biokaasu sekä kierrätys- ja jätepolttoaineiden biohajoava osa.

Pienimuotoiset biomassapolttimet kotitalouskäytössä ovat tarkoitettu erityisesti paikkoihin, jossa keskitetyt ratkaisut ovat logistisesti kalliimpia ja tehottomampia. (Thule-instituutti 2014). Pienikäytössä hyvän puukattilan vuosihyötysuhteeksi nähdään 70 % (Vartiainen et al. 2002). Biomassakattiloiden käyttöikä tavallisesti nähdään olevan 20-30 vuotta (Motiva 2010).

Pienimuotoiset biomassapolttimet sähköverkkoon liitettynä, tarvitsevat yleensä ympärilleen muita palveluita ja esimerkiksi energian varastoinnin ratkaisuja. Ajallisesti tällaisten ratkaisujen toteuttaminen vaatii paljon resursseja, mutta tuottaa kattavasti taloudellisia hyötyjä.

Jätteitä voi myös hyödyntää energiantuotannosta. Biohajoavista jätteistä ja lietteistä voidaan tuottaa biokaasua, joka sopii esimerkiksi sähkön- ja lämmöntuotantoon CHP-laitoksella sekä liikennepolttoaineeksi. On kuitenkin huomioitava, että alueen tuottaman jätekuorman sisältämä energiamäärä ei yleensä riitä kattamaan alueen koko energiantarvetta, vaan tarvitaan jätteitä myös muilta alueilta (tai vaihtoehtoisesti lisäksi muita energianlähteitä).

##### Lämpöpumput

Lämpöpumput keräävät maahan, ilmaan tai veteen sitoutunutta lämpöä ja siirtävät sitä rakennuksen sisälle. Lämpöpumppuja voidaan käyttää myös asuntojen jäähdyttämiseen. Maalämpöpumppu siirtää maaperään, kallioon tai vesistöön sitoutunutta lämpöä rakennukseen. Rakennuskohtaisesti yleisin Suomessa on ilmalämpöpumppu, jossa ulkoilmasta siirretään lämpöä rakennuksen sisälle. (Motiva 2010)

Lämpöpumpun hyötysuhdetta kuvaa lämpökerroin tilanne, jossa lämpötilaero lämmönkeruun ja -luovutuksen välillä on mahdollisimman pieni. Nollaenergiatalossa voidaan maalämpöä käyttävällä lattialämmityksellä saavuttaa tilojen lämmityksessä korkea hyötysuhde. Tilojen lämmittämiseen verrattuna käyttöveden tuottamisessa lämpökerroin on aina hieman

huonompi. Ja joillakin lämpöpumpuilla käyttöveden lämpötilaa joudutaan nostamaan muilla keinoilla esimerkiksi sähkövastuksella tai puulämmityksen avulla (Motiva 2010).

Maalämmön hyödyntämisessä tulisi suunnitteluvaiheessa selvittää putkiston asennusalueen maalaji, maalajien sekoittuminen ja kerrostuminen, maan vesipitoisuus, pohjaveden pinnan korkeusasema, veden liikkeet asennusalueella ja peruskallion korkeusasema. (Saarenpää 2014).

### Aurinkoenergia

Aurinkosähköntuotannossa käytetään paneelien lisäksi akkuja tasaamaan aurinkoisen ajan tuotannon ja kysynnän välisiä eroja. Koska verkkoon syötettävästä sähköstä ei saa usein hyvää korvausta ja akut ovat kalliita, ainakin tällä hetkellä aurinkosähkö kannattaa pyrkiä käyttämään Suomessa ensisijaisesti samassa rakennuksessa (Resca Oulu 2014).

Aurinkoenergiasta saatava taloudellinen hyöty riippuu esimerkiksi järjestelmien kapasiteetista, käytettävyydestä ja yksikkökustannuksista. Aurinkoenergiaa hyödyntävät lämpöä tuottavat aurinkokeräimet ja sähköä tuottavat aurinkopaneelit. Paneelien yleisin raaka-aine on kiteinen pii. Tällä hetkellä piikennolla on saatavissa parempi hyötysuhde kuin esimerkiksi ohutkalvo- ja nanokideteknologioissa. Kuitenkin hyötysuhteen parantuminen ja valmistusmenetelmien kehittyminen luovat edellytyksiä erilaisten kennoteknologioiden yleistymiseen (esim. polymeeriset, orgaaniset). Hyvinä puolina ovat kennojen kevyet ominaisuudet, halvempi valmistustapa ja materiaalien uudelleen kierrättäminen.

Perinteisten aurinkopaneelien elinikä voi olla 30- vuotta. Aurinkolämpöä voidaan tuottaa aurinkokeräimellä, yleisimmin asumisen yhteydessä sitä käytetään käyttöveden, rakennusten huoneilman lämmittämiseen sekä lattialämmitykseen. Yleisimmin käytetään nestepitoista tasokeräintä. Aurinkolämpöjärjestelmän elinikä tavallisesti on 20-30 vuotta. (Motiva 2010)

Aurinkolämmön kerääminen tilojen lämmityksen ja etenkin lämpimän käyttöveden tuottamisen tueksi auttaa varsinkin pientaloja pääsemään lähemmäs yli vuoden laskettavaa nettollaenergiatasoa. Kerrostaloissa sen saavuttaminen on vaikeampaa sijoituspintojen rajallisuuden ja korttelissa syntyvien varjojen takia. (Ilmastopaneeli 2013). Aurinkolämmön käyttäminen on suunniteltava osana koko lämmitysjärjestelmää, se soveltuu lämpöpumppujärjestelmiin, mutta erityisen hyvin järjestelmiin, joissa on vesivaraaja (esim. puu- ja hakelämmitys). Merkittävästi etua saadaan erityisesti kesällä, jolloin voidaan kattaa lämpimän käyttöveden tarve. (Resca Oulu 2014)

Aurinkosähkösovellukset ja niiden markkinat voidaan jaotella karkeasti esim. seuraavasti:

- § Mobiilit laitteet (esim. kannettavat akkujen latauslaitteet)
- § Sähköverkon ulkopuoliset kohteet, kuten kesämökkijärjestelmät
- § Sähköverkkoon kytketyt pientalojärjestelmät
- § Isojen kiinteistöjen ja yritysten järjestelmät (pääosin sähköverkkoon kytkettyjä)
- § Teollisuuskokoluokan aurinkosähkövoimalaitokset (koko tuotanto sähköverkkoon)

Auringon energiaa on mahdollista hyödyntää paljon nykyistä enemmän sekä lämmön että sähkön hajautetussa tuotannossa. Itämeren alue on pahimmillaan samalla tasolla Saksan kanssa, mutta useat alueet jopa Saksan alueita parempia. Verkon ulkopuolella sekä pienten että keskisuurien järjestelmien hinta on laskenut nopeasti. Tällä hetkellä esimerkiksi Piteässä, Ruotsissa, investoinnin takaisinmaksuaika on vähemmän kuin kymmenen vuotta. Pohjoisilla alueilla on myös huomioitava pohjoisesta sijainnista johtuvat vuodenaikakohtaiset vaihtelut.

Säteilyn määrästä voidaan aurinkopaneelilla muuttaa noin 15 prosenttia sähköksi ja aurinkokeräimillä noin 25-35 prosenttia lämmöksi (Motiva, 2015). Aurinkopaneelien hinnat ovat laskeneet nopeasti, mutta muut komponentit eivät yhtä paljon. Erityisesti pientuotannossa

asennuskustannukset hallitsevat aurinkoenergian tuotannon kokonaiskustannuksia. Aurinkopaneelit voidaan integroida rakennuksiin ja istuttaa ne ympäristöön sopiviksi, eikä tähän liity erillisten kiinnittämisestä aiheutuvia haasteita.

Pohjoisiin olosuhteisiin voidaan suositella lämpövarastointiin perustuvia järjestelmiä. Pohjoisilla alueilla esimerkiksi Ruukki on tehnyt erilaisia seinään laitettavia vertikaalisia ratkaisuja, niissä säteilyn määrä on pienempi, mutta muita hyötyitä on mahdollista saada esim. helpompi käyttää aamu- ja iltasäteilyä, parempi absorbointikyky talvella (aurinko alhaalla) sekä lumen heijastavuus. (Hakkarainen, T. et al. 2015)

Aurinkoenergiaa voidaan hyödyntää myös passiivisesti, jolloin auringon säteilyä ohjataan ikkunoiden kautta sisätiloihin pienentämään tilojen lämmitysenergian tarvetta (Resca Oulu 2014).

### Tuulienergia

Pientuulivoimaloita voidaan käyttää teollista tuotantoa pienempään tuotantoon. Teholtaan ne yleensä ovat enintään 20 kW. Sähköä voidaan varastoida vaihtelevien tuuli olosuhteiden vuoksi akkuihin myöhemmin käytettäväksi. Pientuulivoimalat tuottavat sähköä, kun tuulen nopeus on noin 3 m/s. (Motiva 2010)

TEMin selvityksessä (2014) pientuulivoiman edellytykset kehittyä merkittäväksi energiamuodoksi nähtiin vähäiseksi mm. heikosta kustannuskilpailukyvystä johtuen. Kuitenkin teknologia nähtiin yleistyvän ja potentiaali liittyy erityisesti erikoissovelluksiin sähköverkon ulkopuolella, esim. telecom-mastot ja saaristot.

### Geoterminen energia

Geoterminen energia tai geoterminen lämpö on lähtöisin maan sisuksissa tapahtuvien radioaktiivisten hajoamisten aiheuttamasta lämmöstä. Se eroaa maalämmöstä siinä, että maalämpö on maaperään auringon lämmön aikaansaamaa lämpöä. Täten geoterminen energiaa on jatkuvasti saatavilla ja ei ole riippuvainen säätilan muutoksista (tuuli, aurinko). Lämpöenergian hyödyntämistä varten rakennetaan pystysuoraan maaperään rakennettava kaivo (syvyys useinta kilometrejä), jossa kulkee erillinen suljettu tai avoin lämmönkeruupiiri. (Kagel, A. et al. 2007)

### CHP

Hajautetussa energiantuotannossa voidaan hyödyntää sähkön- ja lämmön yhteistuotantoa (Combined Heat and Power, CHP). Soveltuvia teknologioita CHP-tuotantoon ovat mm. kaasuja ja dieselmoottorit, mikroturbiinit, höyrykoneet ja polttokennot. (Motiva 2010)

Resurssien ja ilmaston kannalta kestävämmältä pelkän puun polton sijaan voidaan nähdä puun käyttäminen pienen mittakaavan CHP-laitoksissa, koska lämmön lisäksi saatava sähkö on jalostusarvoltaan arvokkaampaa kuin lämpö. Biomassapolttoaineiden kaasutusteknologia voidaan nähdä lupaavana vaihtoehtona pienten taajamien ja kyläyhteisöjen kokoluokassa. (Ilmastopaneeli 2013)

Mikäli markkinoille tulee uusia kustannustehokkaita ratkaisuja, pienimuotoinen CHP-teknologiaan perustuva puu- ja biokaasu voi tulevaisuudessa lisääntyä merkittävästi.

### Polttokennot

Polttokenno on sähkökemiallinen laite, joka muuntaa polttoaineen (esim. biokaasu, maakaasu, vety) ja hapettimen kemiallisen energian sähköksi ja lämmöksi ilman palamista. Polttokennot eivät ole riippuvaisia sääolosuhteista vaan niiden toiminta perustuu syötettyyn



polttoaineeseen. Polttokennoja voidaan käyttää liikkuvien sovellusten voimanlähteenä (esim. ajoneuvot.), stationäärisessä sähköntuotannossa ja myös varavoiman lähteenä sekä kannettavien sovellusten tai laitteiden virtalähteenä. Sähköntuotantoon tarkoitettuja polttokennosovelluksia voidaan käyttää rakennusten sähkön- ja mahdollisesti lämmöntarpeen tyydyttämiseen. Sovellus voi tuottaa sähköä pelkästään kohteen omaan käyttöön tai se voi olla kytketty sähköverkkoon. (Nissilä & Sarsama 2013).

Polttokennot sopivat esimerkiksi maataloudessa ja jäteveden puhdistamoissa syntyvän biokaasun hyödyntämiseen, mikä voi muuten olla haastavaa.

### CHC ja Quadgeneration

Energiantarpeiden vaihteluita ja joustavuutta sekä lyhyt- ja pitkäaikaista varastointia eri energia sektoreiden välillä pyritään hyödyntämään eri sektoreiden (sähkö, lämmitys, jäähdytys, liikenne) yhdistämistä (Lund et al. 2014). Hajautetun energiantuotannon järjestelmien on nähty kehittyvän sähkön ja lämmön tuotannosta, sähkön, lämmön ja viilennyksen tuotantoon (trigeneration) (Blarke 2013). Yhdistetty kaukolämmitys ja –jäähdytys (Combined Heating and Cooling – CHC) on yksi esimerkki tällaisesta järjestelmästä. Esimerkiksi Helen Oy:n on vuodesta 2006 asti toteuttanut kaupallisessa toiminnassa olevaa järjestelmää, jossa kesällä tuodaan jäähdytystä ja talvella lämmitystä ja lisäksi tarjotaan aurinkolämmön talteenottoa ja lämmintä käyttövetä. (Helen 2017)

Kehitystä on viime aikoina tapahtunut kaasujen hyödyntämiseen sähkön, lämmön ja viilennyksen yhteisjärjestelmässä (quadgeneration). Käytännössä tämä tarkoittaa kaasujen kuten hiilidioksidin talteenottoa ja hyödyntämistä. Käyttökohteina esimerkiksi hiilidioksidin hyödyntämisessä ovat tällä hetkellä teollisuus (virvoitusjuomat) ja kasvihuonetuotanto. (Blarke 2013). Maailman talousfoorumi on valinnut 2015 tämän Top 10 urbaanit innovaatiot joukkoon (World Economic Forum 2015).

Hajautetun energian ratkaisut eivät yleensä pysty kattamaan koko talon sähkön ja lämmöntarvetta vuoden ympäri, joten toimitusvarmuuden takaamiseksi tarvitaan useampaa energianlähdettä. Koska sähköä ei myöskään voida varastoida merkittäviä määriä, tulee käytön ja kulutuksen vastata toisiaan. Hybridienergiajärjestelmät ovat ratkaisu tähän ongelmaan, eri energiamuotoja yhdistellään yhdeksi toimivaksi kokonaisuudeksi. Usean lämmönlähteen käyttö mahdollistaa kaikkina vuodenaikoina mahdollisimman edullisen energian hinnan. Tällöin energiakustannukset jäävät oikein suunnitellussa hybridijärjestelmässä yhden lämmönlähteen järjestelmään verrattuna usein huomattavasti pienemmäksi. Usean lämmönlähteen järjestelmät käyttävät yleensä myös huomattavan määrän ilmais- ja uusiutuvaa energiaa, joten järjestelmää voidaan pitää ekologisena vaihtoehtona ainakin käytetyn energian näkökulmasta tarkasteltuna.

Hybridilämmitys sisältää vähintään kaksi tai useampia lämmöntuottojärjestelmiä. Yleensä siinä on yksi päälämmöntuottojärjestelmä ja yksi lisälämmöntuottojärjestelmä. Kun talossa on käytössä useita lämmönlähteitä, tulee niiden yhteistoiminnasta varmistua yhdistelmään sopivalla automaatio ohjainjärjestelmällä, joka huomioi kaikki lämmönlähteet ja lämmönjakolaitteet.

Ilmaisen energiaa voidaan saada lämmitysjärjestelmän käyttöön mm. suorasta auringonsäteilystä, maahan kesällä varastoituneesta aurinkoenergiasta, maan alhaisesta lämpötilasta tai maahan talvella varastoituneesta jäätä, maalämmöstä (geotermienlämpö) tai ulkoilmasta.

Uusiutuvaa energiaa saadaan mm. puupohjaisista polttoaineista, kuten pelletti, hake tai bioöljyistä. Lämmönlähteet tulee mitoittaa niiden parhaan tuoton ja sen aikaisen tarpeen mukaan. Resca-hankkeessa on vertailtu eri lämmitysmuotojen ja niiden yhdistelemisen kustannuksia ja ajankäyttöllisiä vaatimuksia energiamäärien saavuttamiseksi.

Kesäisin parhaimmillaan olevia lämmönlähteitä ovat:

- § aurinkokeräimet
- § aurinkopaneelit
- § ilmalämpöpumput
- § poistoilmalämpöpumput

Talvella parhaimmillaan ovat

- § polttokattilat
- § maalämpöpumppu
- § tuloilman lämmitys poistoilmalla (LTO)

(Oulun rakennusvalvonnan laatukortit 2014)

## 3.2 Vesihuolto

### 3.2.1 Sade- ja hulevesien keräys, viivytys ja varastointijärjestelmät

Sadevesiverkostot ovat nykyisin monella alueella hyvin kuormitettua, joten ongelman ratkaisemiseksi on jouduttu miettimään ja kehittämään uusia ratkaisuja. Tiivis rakentaminen ja päällystetyt pinnat lisäävät sadannan pintavaluntaa voimakkaasti ja samalla veden imeytyminen maaperään ja pohjavesiin on vähäisempi.

Tämän lisäksi tiiviiden kaupunkirakenteiden ilma on kuivaa, koska vettä haihduttavaa kasvillisuutta on vähän ja hulevedet poistuvat pintavirtauksena. Kuivan ilman seurauksena ilmassa olevat epäpuhtaudet laskeutuvat hitaammin ja tämä lisää epäpuhtauksien määrää hengitysilmassa. (Hakola 2015).

Lähtökohtana tulisi olla hulevesien synnyn ehkäiseminen. Huleveden määrän vähentämistä voidaan toteuttaa mm. tehostamalla veden imeytymistä rakennettavilla ja jo rakennettujen tonttien rakentamattomilla osilla ja yleisillä viheralueilla sekä vettä läpäisevillä pinnoilla (esim. sora, huokoinen asfaltti, viherkatot). (Ilmastonkestävän kaupungin suunnitteluopas 2014). Hulevesien hallinnassa voidaan käyttää erilaisia menetelmiä. Lähtökohtaisesti hulevesien käsittelyä ja hyödyntämistä suositellaan tehtäväksi jo synnyinpaikallaan eli tonteilla, kiinteistöillä ja katualueilla. Voidaan puhua hulevesien hallinnan prioriteettijärjestyksestä. Vuoreksessa sijaitsee Suomen laajin hulevesien hallintakokonaisuus.

### 3.2.2 Verkoston monitorointi

Veden saannin turvallisuus ja laadun varmistaminen tulevat olemaan jatkossa yhä tärkeämpiä kysymyksiä globaalisti. Lisäksi veden kulutukseen kiinnitetään yhä enemmän huomiota. Voidaan keskustella älykkäästä vesiverkostosta, mikä tarkoittaa sitä, että teknologioita sovelletaan joko pelkästään vesijärjestelmään tai vesiverkosto yhdistetään muihin. Verkoston monitoroinnin järjestelmän voi nähdä koostuvan kerroksista, joissa hyödynnetään erilaisia teknologioita. Jokainen mallin kerros voi olla älykäs ja koko järjestelmästä voi tulla älykkäämpi, kun sovelletaan oikeita ratkaisuja eri kerroksiin. (Smart Water Networks Forum 2015). Älykkäät ratkaisut auttavat mm. pienentämään vedenkulutusta ja veden lämmitykseen kuluva energiaa.

Mittaustekniikan puolella veden laadun ja määrän mittaamisessa voidaan käyttää Online-mittausteknologiaa, joka voidaan yhdistää vedentuotannon eri vaiheisiin sekä voidaan kytkeä hälytys- ja automaatiojärjestelmiin. Monitorointijärjestelmä perustuu dataan, voidaan seurata raakavesilähdettä (esim. hydrologinen data), verkostoa ja prosessia (esim. valvomot, laboratoriot, onlinedata) sekä kuluttajia (esim. asiakastietokannat, vesimittarit, näytteenotto).

Jatkuvatoimista online-mittaustietoa voidaan hyödyntää vedenkäyttäjän näkökulmasta



tarkasteltaessa veden laadun muutoksia (lämpötila, johtokyky, sameus, jne. / laatuvahti), havaittaessa vuotoja (virtaama, paine / vuotovahti) ja seurattaessa kulutusta (vesimäärä / kulutusvahti). Historiatietoa voidaan hyödyntää mm. vikatilanteiden havaitsemisessa ja jälkitarkastuksissa sekä määrittää hälytysrajat eli poikkeukset vesijohtoverkon normaalitilassa. Uuden aikakauden ratkaisuja kehitettäessä voidaan myös hyödyntää sosiaalista mediaa ja joukkoistamista (crowdsourcing) vedenhallinnassa. (Räsänen 2013)

### 3.2.3 Jäteveden puhdistus ja hyötökäyttö

Vesijärjestelmä voidaan toteuttaa tehokkaammin ja ekologisemmin hajautetuilla ratkaisulla, kuten ekologista sanitaatiota hyödyntäen. Yksi mielenkiintoinen vaihtoehto vesiratkaisuille voisi olla vihreä sanitaatiojärjestelmä, jossa mustat ja harmaat vedet on erotettu toisistaan. Harmaat ja mustat vedet voidaan käsitellä paikallisesti ja hajautetusti biologisen puhdistuksen avulla. Jäteveden energian hyödyntäminen on tällä hetkellä kiinnostava aihe, koska siinä hyödynnetään uusiutuvaa energiaa ja järjestelmän hiilijalanjälki on suhteellisen pieni. Lämmön talteenoton jälkeen raaka-ainetta voidaan mädättää kaasua bioreaktorissa ja siitä tuottaa sähköä. Lisäksi esimerkiksi vetyä voidaan saada sivutuotteena esimerkiksi jätevesien käsittelyn yhteydessä. (Häkli & Vuorinen 2015)

Lämpimän veden osuus jätevedestä on suurempi kuin lämmitysratkaisulla lämmitettävästä käyttövedestä, koska osa kylmään vesijohtoon kytketyistä laitteista, esimerkiksi pesukone, lämmittävät käyttämänsä veden laitteen tarvitsemaan lämpötilaan. Lämpimän veden osuus käyttövedestä voi olla jopa 50 prosenttia. Viemäriin johdettavan veden hukkalämmöstä on mahdollista saada osa talteen erikseen asennettavilla ratkaisulla. Lämmön talteenotto voidaan toteuttaa joko keskitetysti tai kiinteistökohtaisesti. Kiinteistökohtaisesti jäteveden lämpöä voidaan suoraan käyttää kylmää käyttöveden lämmittämiseen. Järjestelmä vaatii kuitenkin, että lämpöiset ja kylmät jätevedet erotetaan toisistaan lämmönsiirtimelle asti. Kiinteistökohtaisesti ongelmana nähdään lämmön talteenoton osalta jäteveden epätasainen virtaus, joka asettaa haasteita erityisesti tekniselle toteutukselle, mutta on mahdollista lämmön varastoinnin avulla. Keskitetyissä ratkaisuissa lämmön talteenotto on helpompi toteuttaa, koska jäteveden virtaus on tasaisempaa. Keskitetyn ratkaisun ongelmana on, että talteen otettua lämpöä ei pystytä hyödyntämään suoraan, vaan lämpötilaa on nostettava edelleen lämpöpumpuilla, jotta lämpö on hyödynnettävissä. (Rajala et al. 2010)

## 3.3 Älykäs sähköverkko - Smart Grid

Älykäs sähköverkko (Smart Grid) on sähkönsiirtojärjestelmä, joka tehokkaasti yhdistää kaikki siihen liittyvät toimijat, jotta taataan taloudellisesti tehokas ja kestävä energiasjärjestelmä panostaen tuotannon laatuun ja turvallisuuteen. (EREG 2010). Elementteinä on tuotanto, jakelu, palvelut, käyttäjät (teollisuus ja kotitaloudet).

Hajautetun sähköntuotannon kannalta tämä on keskeinen käsite, mahdollistaen ja tehostaen useita energiatehokkuutta ja sähkömarkkinoiden toimivuutta parantavia toimintoja, kuten hajautettujen tuotantolaitosten ja energiavarastojen joustavia verkkoon liittymiä.

Älykkäällä asumisympäristöllä (Smart Living Environment, SLE) ei ainoastaan tarkoiteta koteja ja rakennuksia energiankulutuksen lopullisina paikkoina vaan tarkoitetaan myös niitä kaikkia laitteita ja palveluita, jotka liittyvät asumisympäristöön. Älykkäässä asuinympäristössä tarkoituksena on, että loppukäyttäjät voivat vaikuttaa koko verkkoon ja ympäristöolosuhteisiin eli ennakoita energian tuotantoa ja kulutusta, hallinnoida varastointia (esim. sähköautojen lataus) ja auttaa käyttäjiä tehokkaasti jakamaan energiankulutustaan. SLE perustuu ”ad hoc” ICT ratkaisuihin:

- § Sähkön tuoton ja kulutuksen ennakointi
- § Personoidut energiapalvelut: energialaskutus, energian laadun tukipalvelut

Esim. älytalo voi "päättää" milloin ostaa, käyttää ja varastoi energiaa, liittyen energian reaaliaikaiseen hintaan.

§ Laitteiden toimivuuden takaa palveluverkosto (tämä erityisen tärkeä hajautetussa energiantuotannossa)

§ Käyttäjä-rajapinta ja mahdollistavat teknologiat, esim. miten ihmiset toivovat kommunikoitavansa laitteiden kanssa: sähköposti, internet-sivut, puhelin; tuleeko tieto viikoittain tai kuukausittain, tieto sähkönkulutuksesta, CO<sub>2</sub> päästöistä tai vian hinnasta.

(Myllylä & Kaivosoja 2013)

Älyverkon piirteet, jotka koskevat erityisesti kuluttajia ja heidän asumista:

§ Kuluttajat tasapainottavat energian kulutusta ja tarjontaa. Kun kuluttajilla on mahdollistavia teknologioita, uutta tietoa energian käytöstään ja uusia energialaskutukseen liittyviä tapoja ja kannustimia, he ovat motivoituneempia muuttamaan (osto)käyttäytymistään.

§ Kaikki asukkaat, saatikka kaupalliset toimijat, eivät tarvitse saman laatuista energiaa.

Älykäs sähköverkko toimittaa erilaatuista ja hintaista tehoa. Kustannukset paremman laatuisten energian tuottamisesta voidaan sisällyttää laskuun. Erikoistuneet hallintalaitteet monitoroivat elementtejä, jotka liittyvät energia laatuun, kuten valaistus, katkaisijat ja verkkoviat. Tieto- ja viestintätekniikkaan perustuvia älykkään sähköverkon palveluita voidaan pitää tulevaisuuden energialiiketoiminnan tärkeänä strategisena elementtinä: energialaskutus, sähkön laadun tukipalvelut, reaaliaikainen energian hinta, energian tiedonkeruu ja hallinta, tiedon louhinta, jne.

Älykkään teknologian hyödyntäminen kodin ratkaisuihin yhdessä älymittaroinnin kanssa ovat hyvin kehittyneitä sektoreita. Teknologian soveltaminen rakennusteollisuuteen on kehittymässä ja on mahdollista saavuttaa varsin lyhyessä ajassa paljon taloudellista voittoa. Kuitenkin vielä vahvemmin tulisi tuoda esille energian loppukäyttäjien osallistamista, jonka kautta älykäs sähköverkko rakentuu. (Thule-instituutti 2014).

### 3.3.1 Energian varastointi

Energian varastointi liittyy vahvasti älykkääseen sähköverkkoon. Varastointi voi tulla kyseeseen eri tilanteissa, suuret tuotantolaitokset ja yhteisö- tai kuluttajakohtaiset ratkaisut energian varastoinnissa. Varastointi mahdollistaa suuren uusiutuvien energianlähteiden käytön määrän tasaamalla tuotannon vaihtelua. Varastoinnilla taataan katkoton sähkön jakelu ja sähkön laadun pysyminen hyvällä tasolla.

VTT on tutkinut energian varastoinnin teknologioita, joita ovat:

- § Lämpövarastot
- § Lämpöä varastoivat rakennusmateriaalit
- § Pumppuvoimalat
- § Vauhtipyörät
- § Paineilmavarastot (CAES compressed air energy storage)
- § Sähköparistot, akut
- § Synteettiset polttoaineet

(Alanen & Pasonen 2011)

Kokonaisvaltaisia eri energiamuotoja ja varastointia yhdistäviä konsepteja kehitetään jatkuvasti. Sopivan varastoinnin teknologian valitseminen ei ole aivan yksinkertaista, sillä se riippuu paljon käyttökohteesta. Varastointiin erikoistuneet yritykset keskittyvät yhä enemmän kuluttajanäkökulmaan, tuottaen pattereiden lisäksi energian hallintaan liittyviä palveluita, esimerkiksi älytaulut, joilla kuluttaja voi seurata omaa kulutustaan. Lisäksi kuluttajien sitouttaminen uuden teknologian käyttöön on tarpeellista. Tässä tärkeänä korostuu

yhteisönäkökulma eli kehitetään ratkaisujen kokonaisuus (off-grid) koko yhteisölle. (Ouman, Gira, Olla Solutions Oy & Wink)

### 3.4 Rakennusautomaatio ja kodin IoT

#### 3.4.1 Älykäs rakennusautomaatio

Rakennusautomaatiolla tarkoitetaan rakennusten lämmitys-, valaistus-, valvonta-, hälytys- ja ilmanvaihtojärjestelmien ohjaamista automaattisesti. Useimmiten rakennusautomaatiojärjestelmissä pyritään yhdistämään nämä kaikki toimenpiteet yhdeksi helposti hallittavaksi järjestelmäksi. Rakennusautomaatio lisää myös viihtyvyyttä ja turvallisuutta sekä vähentämään energiankulutusta. Laitteiden yhdistäminen on usein toteutettu väylätekniikalla, jolloin ne saadaan toimimaan yhtenäisesti ja älykkäästi. Rakennusautomaatiojärjestelmiä on markkinoilla useita ja niiden ominaisuudet poikkeavat suuresti toisistaan. Tyypillisten rakennettujen pientalojen kotiautomaatioratkaisut muodostuvat yksittäisistä, toisistaan erillään toimivista ohjaus-, säätö- ja valvontajärjestelmistä. Tässä tilanteessa talon lämmitystä hallitaan yhdellä laitteistolla ja ilmanvaihtoa toisella ja murtovalvontakin on omana järjestelmänään. Kuitenkin vain osa järjestelmistä saattaa olla integroituna eli yhdistettynä järkevällä tavalla toisiinsa. Tavallinen tilanne on se, että kaikki järjestelmät ovat erillään ja vielä eri valmistajien tekemiä, jolloin niiden käyttölogiikoissa on merkittäviä eroja. Tätä voidaan kutsua ns. perinteiseksi kotiautomaatio- tai kodinohjausratkaisuksi. (Jokelainen 2011)

Perinteisen automaatio- ja ohjausjärjestelmän haittapuolena on kömpelyys. Laitteita ei saada toimimaan halutulla tavalla ja yhteen sopien älykkäästi, mikä johtuu pääjärjestelmän puuttumisesta. Koska viritys tehdään kullekin laitteelle erikseen, on laitteiden keskinäisessä virityksessä vaikea huomioida toisiaan. Kiinteistön etähallinta on myös haasteellista, koska se kohdistuu tavallisesti vain yksittäiseen prosessiin. (Jokelainen 2011)

Niin sanotussa uuden sukupolven kotiautomaatiojärjestelmässä kodin eri teknisten toimintojen hallinta on integroitu yhteen. Eri järjestelmien laitteilla on Kehittyneiden tiedonsiirtotekniikoiden ansiosta eri järjestelmien laitteet voivat ”keskustella keskenään”. Tässä kokonaisjärjestelmän toimintoja, kuten lämmitystä, ilmanvaihtoa ja kulutusten seurantaa voidaan ohjata ja valvoa keskitetysti yhdestä paikasta. (Jokelainen 2011)

Suurin osa nykyisten integroitujen kotiautomaatiojärjestelmien sisällä tapahtuvasta tietoliikenteestä hoidetaan kenttäväylällä. Talotekniikan kenttäväylästandardeja on useita, tärkeimpinä mainittakoon Modbus ja KNX. Modbus-protokolla on avoin sarjaliikenneprotokolla. Se on yksinkertainen master/slave-protokolla, joka on erittäin yleinen teollisuudessa, mutta käytetty myös rakennusautomaatio ja energianmittaussovelluksissa. KNXjärjestelmän kulmakiven muodostaa KNX-väyläjohto, joka asennetaan rakennus- tai uudistustöiden yhteydessä normaalin sähköjohdon lisäksi. Näin talotekniikan erilaiset elementit yhdistetään toisiinsa rakennusautomaation KNX-standardien mukaisesti.

Kaapelijärjestelmää täydennetään sopivilla antureilla, ilmaisimilla ja näytöillä, jotka mahdollistavat kaikkien KNX-laitteiden ohjauksen väyläjohtoa kautta. KNX:n on standardoitu järjestelmä (ISO/IEC 14543-3), joka takaa sen, että eri valmistajien KNX -tuotteet ovat keskenään yhteensopivia. Yksinkertainenkin rakennusautomaatiojärjestelmä voidaan ohjelmoida esimerkiksi tekemään tiettyjä toimenpiteitä asunnosta poistuttaessa, kuten päälle jääneiden valojen, lieden, kahvinkeitin ja muiden kodinkoneiden virran katkaisu. Monipuolisemmilla järjestelmillä voidaan lisäksi hoitaa asunnon lämmönsäätö, ilmastointi ja hälytykset, kuten esimerkiksi kosteushälytys pesukoneen rikkoutuessa tai huoneiston lämpötilan putoaminen tarkoituksettomasti. Monipuolisella rakennusautomaatiosysteemillä pystytään myös hallinnoimaan suuria kokonaisuuksia kuten taloyhtiötä.

### 3.4.2 Kodin IoT

On olemassa paljon myös helppoja ja modulaarisia ratkaisuja, joihin voi itse liittää sensoreita. Kodin IoT-laitteita ovat esimerkiksi älykkäät lukot, savuntunnistimet, termostaatit, kamerat, sensorit sekä valaisimet. Markkinoilla on suuri määrä erilaisia kodin IoT-tuotteita, alustoja ja hubeja – ja lisää kehitetään koko ajan. Maailmalla aiheen ympärille on syntynyt viime aikoina suuri määrä start-up -yrityksiä. Suurimpia ajureita tulevaisuudessa kodinautomaation puolella tulevat olemaan Google, Apple ja Samsung. Applella on Homekit-alusta, jolle ulkopuoliset valmistajat voivat luoda omat IoT-laitteensa ja yhdistää ne muihin Homekit-laitteisiin. Tämän lisäksi Applen Siri-teknologia mahdollistaa laitteiden ohjauksen äänikomennoilla.

Googllella on tarjolla kehittäjille Brillo- sekä Weave -alustat. Brillo on sulautettu android-pohjainen käyttöjärjestelmä, joka on tarkoitettu IoT -laitteille. Se mahdollistaa nopeamman ja helpomman tuotekehityksen. Weave sen sijaan on IoT -laitteiden kommunikaatioalusta. Se mahdollistaa laitteiden etäkäytön mobiililaitteilla pilven välityksellä. Lisäksi Google osti vastikään Nestin, joka valmistaa erilaisia kodin IoT-tuotteita – muun muassa oppivan termostaatin sekä älykkään savuntunnistimen. (esim. <https://www.irisbylowes.com/> ; <http://www.smarthings.com/> ; <http://www.haltian.com/> ; <http://www.wallyhome.com/> ; <http://www.insteon.com/> ; <http://www.apple.com/ios/homekit/> ; <https://nest.com/>)

Tulevaisuudessa järjestelmät voivat olla täysin langattomia ja niitä ohjataan ääniohjauksella. Ongelmana ovat useat eri standardit, joilla eri laitteet toimivat. Tämä tarkoittaa, että kaikki laitteet toimivat vain yhdellä tietyllä alustalla ja eri valmistajien ja alustojen laitteiden välille syntyy yhteensopivuusongelmia. Useat yritykset myyvät myös hubi-keskuksia, joiden avulla eri valmistajien ja alustojen IoT-tuotteet voi integroida.

## 4. Life City -konseptit

---

### 4.1 Ekologisten rakennusten ja älykkäiden ratkaisujen elinvoimainen kaupunki

Rakennukset ovat älykkään kaupunki-infrastruktuurin ja luonnollisesti myös Life City -konseptin merkittävä elementti. Rakennukset yhdistyvät läheisesti ympäristöönsä; myös rakennuksen sisällä monet komponentit ovat vuorovaikutuksessa toisiinsa ja ympäristöönsä. Tulevaisuudessa rakennuksilla tulee olemaan aktiivinen rooli näkymättömässä kommunikoinnissa ja palveluissa. Älykäs rakennus integroi teknologian ja prosessit luodakseen kiinteistön, joka on asukkailleen vihreämpi, turvallisempi, viihtyisämpi ja tuottavampi. Sen täytyy olla myös operatiivisesti tehokkaampi omistajilleen. Kehittynyt teknologia – yhdistettynä parannetuilla suunnitteluprosesseilla, rakentamisella ja toiminnoilla – luo loistavan sisäilman, joka parantaa käyttäjien viihtyisyyttä ja tuottavuutta samalla kun se vähentää energiankulutusta ja päästöjä. On hyvin tärkeää todistaa rakennuksen kokonaisvaltainen suorituskyky niin teknisen suorituskyvyn kuin käyttäjäkokemuksenkin osalta.

Materiaali ja rakennusteknologian kannalta konsepti perustuu modulaarisiin rakennusyksiköihin, jotka on valmistettu massiivisista puutuotteista (esim. CLT tai hirsi) ja jotka ovat kustannustehokkaasti valmistettu tehtaissa. Tämä takaa jatkuvan kuivaketjun säilymisen. Aurinkopaneelit, IoT sensorit, modernit HVAC välineet ja muut älykkäät ratkaisut voidaan asentaa jo tehtaassa tai ne voidaan esiasentaa erillisissä yksiköissä. Valmiit modulaariset yksiköt siirretään rakennustyömaalle, missä erikokoiset rakennukset kootaan plug-and-play yksiköistä. Metodi vauhdittaa rakennusprosessia merkittävästi, mikä tuo kustannussäästöjä ja varmistaa, että rakenteet pysyvät kuivina.

Konsepti perustuu kestäviin rakennustapoihin käyttäen puuta mahdollisimman paljon, koska massiivipuurakentaminen on todistettusti paras ratkaisu vaihteleviin ilmasto-olosuhteisiin ja sitä voidaan soveltaa myös muihin ilmaston aloihin.

Elinkaariajattelu on toinen konseptin avainelementeistä. Life City -konseptin mukainen suunnittelu pitää sisällään laajat elinkarievaluoinnit, optimoidut elinkaarikustannukset ja mittaukset, yhdistettynä suorituskyvyn monitorointiin.

Life City on tarkoitettu vientiin soveltuvaksi kokonaisratkaisuksi, joka sopeutuu paikallisiin ilmasto-olosuhteisiin, mutta ottaa myös huomioon eri yhteisöjen sosiaaliset tarpeet. Siihen kuuluvat sekä julkiset palvelut (päiväkodit, koulut, terveyskeskukset) että asuinrakennukset (kerrostalot ja omakotitalot). Kuvaus konseptin yleisestä visiosta ja kehitysprosessista on listattu alla (kuva 5).



Kuva 5. Life City -konseptin kehitysprosessi ja visio.

## 4.2 Life City kortteli

Life City -puukortteleiden kehittämisen tavoitteena on parantaa ympäristöä ja luoda liiketoimintaa pitkäikäisillä tuotteilla. Lähtökohtana on tehdä haluttuja ja arvostettuja tuotteita, joista ollaan valmiit maksamaan kohtuullisesti, ja joiden kaltaisia kunnat ja rakennuttajayhteisöt haluavat toteuttaa mm. seuraavista syistä:

- § Kaavataloudelliset syyt: Tehokkaampi maankäyttö, mahdollisuus palveluihin ja julkiseen liikenteeseen.
- § Ekologiset tavoitteet. Energian säästö, kestävyys, huollon minimointi sekä ilmastomuutoksen torjuminen



- § Korkealaatuinen ja kiinnostava arkkitehtuuri: Kaupunkikuvallisesti hallittu, viihtyisä, laadukkaat detaljit
- § Viihtyisä ja joustava asuminen. Toiminnalliset ulkotilat, asumistarpeita vastaavat joustavat sisätilat, valoisat asunnot.
- § Asiakkaalle hyvä hinta-laatu suhde: Kohtuullinen neliöhinta, edulliset asumiskustannukset
- § Parempi tuotto-riski suhde: Kiinnostava tuote kilpailluille asuntomarkkinoille
- § Haluttu konsepti. Viranomaisille, rahoittajille, rakennuttajille sekä muille avaintoimijoille ja sidosryhmille kiinnostava ja riskitön valinta

Life City -korttelin agenda:

1. Yhteisö: Sosiaalisen turvallisen yhteisön muodostaminen suunnittelun keinoin.
2. Kaavoitus. Kestävä CO<sub>2</sub>-neutraali puukaupunkirakenne.
3. Infrastruktuuri. Ekologinen energiaa säästävä älykäs kunnallistekniikka.
4. Puurakentaminen: Kustannustehokkaan puurakennusmalliston ja yhteisörakennusten suunnittelu.

### **Uudenlaista rakentamista**

Tehokkaan ja viihtyisän korttelin kaavoituksen ehtona on, että myös rakennustyyppit ja asuntojen pohjapiirroksot tutkitaan riittävällä tarkkuudella samassa yhteydessä. Sekä nuoriso että uusi seniorisukupolvi haluavat sekä yhteisöä että yksilöllistä rauhaa. Osalla on varaa kustantaa hyvinkin laadukasta ympäristöä, osan tarvitessa kustannustehokkaita ratkaisuja. Eri sukupolvien asuminen samassa korttelissa tuo mielenkiintoa ja synergiaetuja, kunhan häiriötekijät osataan välttää.

Vaihtoehtoksi nykyiselle kaupunkisuunnittelulle on Life City -hankkeessa ideoitu toiminnoiltaan monipuolisia "pikkukaupungeja", joista löytyvät keskusaukio, pääkatu pikkukauppoineen ja toimitiloineen, erilaisia asuntotyyppejä sekä julkiset palvelut, kuten päiväkotit, koulut ja asukastilat. Tärkeää on yhteisön tunne ja turvallisuus. Monissa maissa tämän tapaisesta asuntorakentamisesta on tullut suosittu tuote.

Matala-tiivis rakentaminen on:

- § Vaihtoehto sekä omakoti- että kerrostaloille
- § Mahdollistaa piha-asumisen ja oikean tekemisen
- § Kustannustehokas
- § Ekotehokas, hyvä maankäyttö
- § Miellyttävä mikroilmasto

### **Ylläpidettävyys ja huollettavuus**

Life City -korttelikonseptissa energia -ja asumiskustannuksia alennetaan parantamalla rakennusten energiataloutta ja ilmanvaihtoa älykkäällä kiinteistöautomaatiolla. Elinkaaren aikaisia kustannuksia ja tuottoja tarkastellaan kokonaisuutena ja energiatehokkuutta lisätään oikeilla valinnoilla ja käytönopastuksella. Myös tulevaisuuden korjaustarpeet ja asumisen taso tai energiatekniikan parannusmahdollisuudet huomioidaan työskentelyssä. Osana kokonaisuutta voi olla kiinteistöjohtamismallin kehittäminen. Tieto- sekä allokointimalleja hyödynnetään elinkaarisuunnittelussa pohjautuen malleihin tehtyjen muutosten jatkuvaan päivittämiseen sekä integrointiin olemassa oleviin ohjausjärjestelmiin.

#### **4.2.1 Puun käyttö aluerakentamisessa**

Suomessa on viime vuosina määrätietoisesti kehitetty ekologista arkkitehtuuria, puurakentamista, ympäristöanalyysijä sekä puutaloalueiden kaavoitusta. Tämän aineiston tarkoituksena on esitellä Life-City hankkeessa (LC) kehitettyä ekologista puuarkkitehtuuria ja puukortteleiden kaavoitusta.

Tärkeimpien rakennusmateriaalien CO<sub>2</sub>-jalanjälki on laskettu. Lopputuloksena on, että ympäristön kannalta puurakentaminen on parasta, sen hiilijalanjälki on pienin. Ilmakehän CO<sub>2</sub>-pitoisuutta voidaan vähentää sekä rajoittamalla päästöjä, että sitomalla hiiltä. Metsätalous ja puurakentaminen voivat auttaa molemmilla näillä tavoilla.

Monien teollisten raaka-aineiden ja rakennusmateriaalien tuottaminen vaatii runsaasti energiaa. Puun "tuottaminen" metsissä sen sijaan sitoo hiilidioksidia ja vapauttaa ilmaan happea. Oikein hoidetut talousmetsät toimivat tehokkaina hiilinieluina. Puurakennukset ja muut puutuotteet puolestaan varastoivat hiilen päästämättä sitä ilmakehään. Puurakentamisen lisääminen noin 10 prosentilla Euroopassa hoitaisi noin 25 prosenttia Kioton sopimuksessa asetetuista CO<sub>2</sub>-päästöjen vähennyksistä.

### **Miljöötavoitteet**

Life-City kehitystyön tarkoituksena on:

- § Selvittää teollisen puurakentamisen kehittämismahdollisuuksia.
- § Tarkastella puukortteleiden yhdyskuntarakennetta, palveluita ja liikennettä laajemminkin

Hankkeessa konseptointiin kohtuuhintaista asumista, palveluita, yhteisön muodostamista sekä lapsiperheiden ja senioreiden asumista tulevaisuudessakin.

### **Ympäristö- ja terveellisyystavoitteet**

Energiatohokkuutta parantamalla torjutaan ilmastonmuutosta sekä osaltaan pyritään alentamaan asumiskustannuksia. Sosiaalisia ongelmia pyritään välttämään yhteisöllisyyttä lisäämällä. Alueen esteettömyyttä parantamalla luodaan mahdollisuus elinikäiseen asumiseen.

### **Toteutuksen tavoitteellinen aikataulu**

Tavoitteena oli kehittää rakennustapa, joka nopeuttaa työmaatoteutusta useita kymmeniä prosentteja nykyiseen verrattuna. Lisäksi työmaan pitäisi tuottaa vähemmän pölyä ja melua ympäristöönsä.

### **Taloudelliset tavoitteet**

Konseptille on asetettu seuraavat taloudelliset tavoitteet:

- § Hankkeen toteuttaminen tilaajan vahvistamassa budjetissa ja aikataulussa
- § Elinkaaritehokas ratkaisu
- § Rakennusten kustannustehokas työmaatoteutus

Life City -konseptissa kustannuksia ja tuottoja arvioitiin yhtenä kokonaisuutena koko elinkaaren ajalta. Tulevissa hankesuunnitelmissa kaikille rakennusosille on syytä tehdä elinkaaritarkastelu, jossa pyritään huomioimaan elinkaaren aikana syntyvät kustannukset, kuten ylläpito- ja mahdolliset remonttikustannukset.

### **Tekniset tavoitteet**

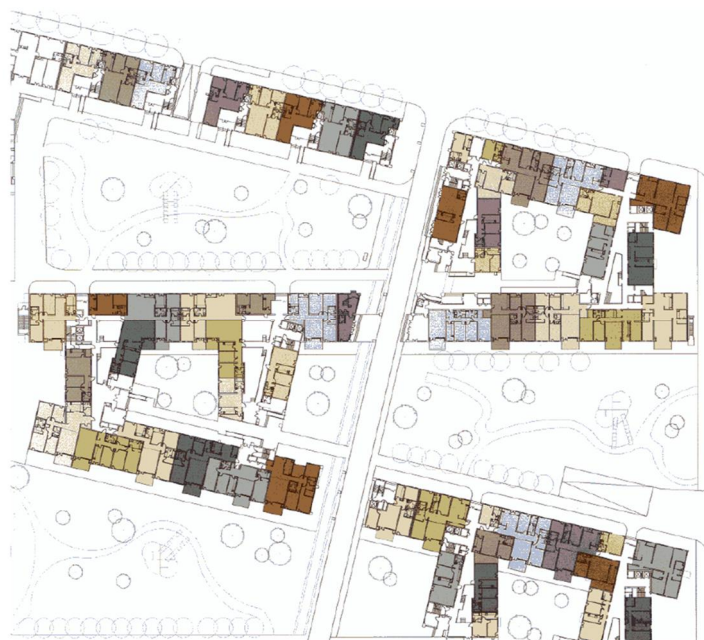
Rakentamisen tavoitteena on saavuttaa mahdollisimman pitkä ja kustannustehokas elinkaarirakenteille. Kustannustehokkuuteen vaikuttavat valittavien materiaalien tekniset ominaisuudet, käyttöiät sekä tarvittavat huoltotoimenpiteet rakennusten elinkaaren aikana. Tärkeä osa-alue on parantaa energiatohokkuutta. Asumisviihtyvyyttä edistetään turvatekniikan avulla. Suunnitelmissa on varauduttu yleiseen jakeluverkkoon liitettävien aurinkosähkö-paneelien integrointiin julkisivuihin ja katoille.

#### **4.2.2 Korttelitypologiat**

Life City -hankkeessa on kehitetty ekologisia puutalokortteleita, joissa voidaan käyttää erilaisia puukerrostalotyyppejä. Mahdollisia korttelityyppejä ovat esimerkiksi:



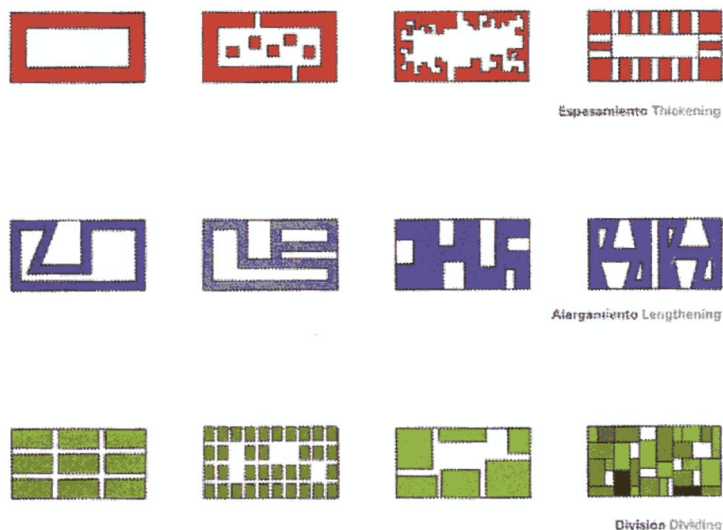
- § Puoliavoinkortteli
- § Avoin "funkkiskortteli"
- § Pistetalokortteli
- § Puutarhakaupunki
- § Megastrukturi



Kuva 6. Puoliavoin kortteli voidaan toteuttaa monin eri tavoin.

Edellä mainittujen päätyyppien lisäksi löytyy paikallisia erikoistyypppejä, kuten skandinaavinen puukaupunki tai linnoituskaupungit. Paikalliset perinteiset korttelityypit ovat usein erityisen hyvin sopeutuneet alueen olosuhteisiin, ja voivat edelleenkin toimia esikuvina modernille kaupunkisuunnittelulle ja arkkitehtuurille; puhutaan regionalistisesta tai vernakulaarista arkkitehtuurista. Erilaiset korttelityypit sopivat vaihteleviin ilmastovyöhykkeisiin, mikroilmastoihin ja rakennustehokkuuksiin.

Suomen olosuhteisiin parhaiten sopivia ovat umpikorttelit, puolisoljettu kaupunkirakenne ja puutarhakaupunki. Sen sijaan funktionalistinen avoin rakennustapa ja pistetalot sopivat harvemmin mikroilmaston kannalta olosuhteisiimme.



Kuva 7. Umpikorttelin toteutustapoja. (Mozas)

Umpikortteli on perinteinen moneen ympäristöön sopiva konsepti, joka voidaan toteuttaa monin tavoin. Nykyaikainen rakennustapa ja palonsuojelutekniikka mahdollistavat puun käytön myös tiiviissä kaupunkiympäristössä.

#### 4.2.3 Yhteisöllisen korttelin konsepti

Sosiaalisten yhteisön kehittäminen voi alkaa sosiologisilla selvityksillä ja asukastyöpajoilla. Tulevaisuuden muutoksiin väestörakenteessa ja elintavoissa tulee varautua, mikä edellyttää alan tutkimustiedon soveltamista kohteeseen.

Toiminnoiltaan monipuolisessa ympäristössä yhteisön ja ehjän elinpiirin luominen on helpompaa. Luomalla edellytykset lähitaloudelle, kolmannen sektorin toiminnalle ja naapuriavulle voidaan edistää myös työpaikkojen syntymistä ja torjua syrjäytymistä. Maantasokerrosten onnistunut suunnittelu on avain viihtyisään miljööseen. Suunniteltujen rakennusten pohjakerrokseen voidaan toteuttaa asukas-, palvelu- ja liiketiloja.

Asukkaat voidaan ottaa mukaan suunnitteluun charrette-metodia soveltamalla. Asukasosallistumista tukeva charrette-metodi perustuu suunnittelijoiden vetämään kenttätoimistoon suunnittelukohteessa.

#### LC mallikorttelit A ja B

Puukaupunkikorttelin kehitysvaiheessa suunniteltiin kaksi erilaista kortteliä, joissa kerrosluku vaihtelee 2–4 kerroksenvälillä, ja joissa on kerrostaloja, rivitaloja sekä kytkettyjä pientaloja:

- Tehokaskortteli, jossa paikoitus sijaitsee maanalaisessa parkkihallissa.
- Kohtuullisen tehokas kortteli, joka perustuu maanpäälliseen paikoitukseen.



Kuva 8. Elävässä korttelissa sekä sisätilat että ulkoalueet toimivat yhtenä kokonaisuutena. Kuvassa Life City -korttelit A ja B. Julkisen- ja lähiliikenteen kohtaaminen tapahtuu erityisessä liikennepisteessä.

#### Avoimen tilan konsepti

Yleisellä alueella on tapaamispaikkoja, leikkipaikkoja, puistoja ja puutarhoja. Ilmapiiri on idyllinen ja kuvastaa eurooppalaisia pienkaupunkeja. Viherpeukalot voivat kasvillisuuden avulla yhdistää pihaloikat puistoalueisiin.

Keskusalueet muodostuvat erilaisista puolijulkisista alueista, jotka ovat avoimia kaikille asukkaille. Toimintoihin sisältyy ulkoilmateatteri, grillipaikka, istuinryhmiä, hedelmäpuita sekä sadevesialtaita. Ulkoalueet on jaettu avoimiin, puoliavoimiin, puoliyksityisiin ja yksityisiin alueisiin.

Tarjolla on erilaisia leikkipaikkoja, kuten hiekkakenttiä, joissa on kiikkuja ja kiipeilytelineitä sekä viheriöitä ja varjoisia puistikkoja. Kouluihin ja puistoihin kulku on lapsille turvallista.

### **Liikenne**

Liikennejärjestelmien ja -välineiden sekä niiden vaatimien energiamuotojen suunnittelu kokee parhaillaan suurta muutosta. Tietotekniikka ja sähkö tulevat muuttamaan liikenneympäristöä tulevaisuudessa, mikä vaikuttaa myös kaava- ja rakennussuunnitteluun. Lisääntyvä jakamistalous, esimerkiksi yhteiskäyttö- tai vuokra-autot, muuttavat liikennetilojen mitoitus- ja paikoitusalueiden suunnittelua.

LC- kortteliin on kehitetty erityinen liikennepiste (saksaksi *Mobilpunkt*), joka yhdistää julkista liikennettä uusiin yksilöllisiin liikkumismuotoihin. Liikennepisteestä voi löytä:

- § Julkisen liikenteen pysäkki
- § Yhteisautojen parkki
- § Sähköautojen ja -pyörien latauspiste
- § Polkupyörien, lastenvaunujen ja pyörätuolien suojattu paikoitus
- § Sadekatos, tuulensuoja
- § Sähköinen kauppakassi (ostosten kuljetusrobotti, joka palaa liikennepisteeseen automaattisesti)
- § Tilattujen ruokien säilytyslokerot (*drop-off-box*)

#### **4.2.4 Kortteleissa käytetyt rakennustyyppit**

Osana korttelikehitystä etsittiin mahdollisuuksia tehokkaampaan rakentamiseen ja asutokokojen suurentamiseen kohtuullisten kustannusten puitteissa. Tavoitteena oli myös tehokas maankäyttö rakennustyyppejä kehittämällä. Rakennusten ja korttelin ulkoalueiden suunnittelussa huomioitiin mm. seuraavia asioita:

- § Uusien kestävämpien rakenteiden tarve
- § Runkosyvyyden kasvattamisen vaikutus kerros- ja rivitalojen sekä mahdollisten uusien talotyyppien asutusuunnitteluun, kustannuksiin ja kaupunkikuvaan
- § Kasvaneen varastotilan tarpeen tyydyttämismahdollisuudet
- § Kaikille ikäpolville soveliaan aktiivipihan ideointi
- § Vanhenevan väestön asettamat erityisvaatimukset rakennetulle ympäristölle
- § Talotyyppien vaikutus kortteli- ja aluetehokkuuteen

### **Kaupunkitalot - Town-houses**

Kytkeytyvät pientalot tarjoavat mahdollisuuksia pientalorakentamiseen myös tiiviissä kaupunkiympäristössä, missä asukasmäärät riittävät toimivaan julkiseen liikenteeseen ja hyviin palveluihin.

### **Syvärunkoiset rakennustyyppit edellyttävät uudenlaista kaavoitusta**

Asuinrakennusten toteuttamiskustannukset ovat viime vuosina monesta eri syystä nousseet huomattavasti, ja monet markkina-asiantuntijat sanovat, että kipukynnys on saavutettu. Tarvitaan uusia ajatuksia rakennuskustannusten laskemiseksi silti laatua pudottamatta.

Viime vuosikymmeninä on palveluiden ja julkisen liikenteen kannattavuuden edellyttämä asukasmäärä kasvanut huomattavasti. Asumisväljyyden kasvaminen lisää ennestäänkin sitä hehtaarille toteutettavan kerrosalan määrää, joka tarvitaan palveluiden ylläpitämiseen.

Käytännössä tämä johtaa tarpeeseen nostaa rakennusoikeuksia ja nimenomaan aluetehokkuutta sekä uusilla että vanhoilla alueilla.

Suomessa asuinalueiden tehokkuus on keskimäärin huono, vaikka tontit rakennettaisiinkin tehokkaasti. Mutta tonteiltakin löytyy asukkaiden kannalta tarpeetonta joutomaata, joka usein jää hoitamatta alentaen viihtyisyyttä. Kaavatasolla Life City -hankkeessa tarkasteltiin liikenne- ja suojavyöhykkeiden mitoitus- ja laatua, eri toimintojen sijoittelua, lumenvarastointia, huoltotoimintojen integrointia rakenteisiin, rakennusmassojen muotoilua ja paikoitusratkaisuita. Hyvän mikroilmaston luominen, biotooppien suojelu ja viihtyisyys kulkevat läpi koko prosessin.

Tiukkaan rajatut rakennusoikeudet yhdessä rakennuskustannusten nousun kanssa ovat käytännössä johtaneet asutuskokojen pienenemiseen. Kuitenkin monet asukkaat haluaisivat ja tarvitsevat esimerkiksi apuvälineiden vuoksi selvästi nykyistä suurempia huoneita asuntoihinsa. Huonekokojen kasvattaminen ei sinänsä lisää paljon asunnon hintaa, koska lisäneliöt saadaan rajakustannushintaan, mutta suuremman ongelman muodostaa useimmiten rakennusoikeuden riittämättömyys tai rakennusalan väärä mitoitus.

### **Muuttuvat asumistarpeet**

Yhteiskunnassa on tapahtunut muutoksia, jotka edellyttävät asuntopuunnittelun kehittämistä. Perherakenne on hajonnut ja ikäihmisten määrä lisääntynyt. Uudet palvelut, harrastukset, viihde-elektroniikka, kotityö ja opiskelu edellyttävät erilaista tila-ajattelua. Ulkomaisten työntekijöiden ja muiden maahanmuuttajien vuoksi tarvitaan erilaisiin elämäntyyliin ja kulttuureihin sopeutuvia asuntoja ja talotyyppisiä. Osa kerrostaloihin muuttavista senioreista tahtoo säilyttää mahdollisuuden pienimuotoiseen ulkona puuhasteluun ja/tai puutarhanhoitoon, mikä voidaan ratkaista yhteisöpihoilla tai matala-tiiviillä rakentamisella.

Suunnittelun määrällisiä tavoitteita olivat:

- § Kaavaratkaisuiden aluetehokkuuden nostaminen sellaiselle tasolle, joka mahdollistaa palvelut ja julkisen liikenteen; arviolta 10 -30 prosenttia
- § Keskimääräisen asuntotyyppien koon kasvattamisen noin 10 prosenttia

Avaamalla umpinaiset pohjakerrokset, saadaan aivan uutta elämää, toimintaa ja ilmettä kaupunginosaan. Tilojen tarjoaminen mahdollistaa vaikkapa asukkaiden, kolmannen sektorin tai aloittavien pienyritysten toiminnan.

#### **4.2.5 Maanjäristyksen ja tulvan kestävä rakentaminen**

Ilmastomuutos on aiheuttanut viime vuosina entistä pahempia myrskyjä, ja ilmaston ääri-ilmiöiden ennustetaan vain pahenevan tulevaisuudessa. Eri puolilla maailmaa, ja erityisesti valtamerien rannikoilla, on koettu ennen näkemättömiä tuhoja. Mannerlaattojen liikkuminen puolestaan aiheuttaa vuosittain maanjäristyksiä ja joissain tapauksissa tsunamia. Ilmastomuutos aiheuttaa merenpinnan kohoamista ja aallokon voimistumista myös Suomessa, vaikka paikoin maanpinnan kohoaminen ainakin osittain kompensoi pahimpia vaikutuksia. Kaikilla näillä uhanalaisilla alueilla on alettu kiinnittämään huomiota turvallisempaan rakentamiseen ja pelastautumismahdollisuuksiin luonnonmullistusten uhatessa.

### **Maanjäristys**

Matalammissa muutaman kerroksen korkuisissa rakennuksissa maanjäristyksiin varaudutaan kehittämällä runkorakenteita, jotka kestävät järistyksissä syntyvät erisuuntaiset voimat. Oikein toteutetut puurungot ja liitosdetaljit ovat osoittautuneet hyvin toimiviksi ja turvallisiksi. Korkeita rakennuksia varten on kehitetty erilaisia joustavia perustusratkaisuita, jotka tasaavat maanjäristyksen liikevoimia, ja auttavat runkoa kestämaan. Maan ja rakennusten liikkuminen aiheuttaa usein tulipaloja. Puurakennusten palonsuojelu on viime vuosina kehittynyt huomattavasti, ja puutaloja voidaan nykyisin pitää paloturvallisina.



### **Tsunamit ja myrskyt**

Tsunamit syntyvät merellä tapahtuvan maanjäristyksen tai –sortuman seurauksena, ja ne etenevät joka suuntaan iskien lopulta rannikoille. Korkea tsunamiaalto voi edetä kilometrien päähän rannalta, ja varsinkin jokilaaksojen suulla nousta hyvinkin korkealle.

Tsunami-ja hyökyaaltotuhojen torjunnassa käytetään monia keinoja:

- § Rakennetaan kauemmas rannasta.
- § Rannalle rakennetaan aallonmurtajia ja suojavaalleja
- § Rantaa korotetaan arvioidun aallonkorkeuden yläpuolelle
- § Tehdään rakennuksia, jotka kestävät alueella arvioidun ”normaalin” tsunamin tai myrskyn aiheuttaman tulvan. Hyvin harvoin esiintyvät poikkeusaallot jätetään toisinaan huomioimatta.
- § Rakennetaan poistumissiltoja ja pelastustorneja, jotka mahdollistavat nopean pelastautumisen joko korkeampaan maastoon tai helikoptereihin.

Oikein suunniteltuna puu on erinomainen materiaali poistumissiltoihin ja pelastustorneihin. Tällä hetkellä näihin kohteisiin käytetään pääasiassa teräsrakenteita, jotka on suunniteltu ja tuotteistettu nopeasti ja helposti toteutettaviksi kokonaisuuksiksi, ja jotka tarvittaessa toimitetaan paikalle valmiiksi asennettuina ja käyttövalmiina.

#### 4.2.6 Turvallinen rantakortteli

### **Uusia ratkaisuja kehitetään**

Hurrikaani Katrinan jälkeen on Meksikonlahden rannikolla aloitettu turvallisemman rakentamisen kehitystyö. Uusia rakentamismääräyksiä on jo annettu, ja turvallisempia rakennuksia toteutetaan lukuisilla paikkakunnilla. Myös monissa muissa rannikkovaltioissa on kehitystyötä käynnissä.

### **Mahdollisia vientituotteita**

Koska puu soveltuu hyvin turvalliseen rannikkorakentamiseen, on Life City -projektissa kehitetty uutta puuarkkitehtuuria. Tämä rakennustapa voisi muodostua menestyväksi vientituotteeksi monilla alueilla, kuten:

- § Japani
- § Tyynenmeren ja Intian valtameren rannikot Kauko-Idässä
- § Chile
- § Meksikonlahden rantavaltiot

Japanissa on kehitetty teräksestä tehtyjä helikoptereiden pelastustorneja ja pakenemissiltoja suurten väestömäärien pelastamiseksi. Näillä uhanalaisilla rannikoilla asuu miljoonia ihmisiä, joten markkina on loputon. Liimapuurakenteet ja CLT-levyt sopisivat näihin kohteisiin erinomaisesti.

Kauko-Idän matkailukohteissa käy vuosittain miljoonia turisteja, joiden turvallisuudesta huolehtiminen on hyvin vaihtelevalla tasolla. Oikein markkinoituna ja brändättynä turvallinen matkailurakentaminen ja ranta-asuminen voisivat muodostua hyväksi tuotteeksi maksukykyiselle ostajakunnalle.

Chilestä löytyy laadukasta puutavaraa omasta takaa, joten puutuotteiden vienti sinne tuskin kannattaisi. Sen sijaa kyseeseen voisivat tulla konsultointi ja teollinen yhteistyö.

Edellä esitettyjä kohteita varten tulisi muodostaa suomalaisista ja paikallisista toimijoista laaja-alaisia yritys- ja kehitysryhmiä, jotka pystyisivät tarvittaessa vaativiinkin avaimet käteen toimituksiin. Konsepti täytyy testata ensin Suomessa ainakin suppealla mallirakentamisella, jotta kaikkien osien toimivuus ja yhteensopivuus saadaan varmistettua sekä mahdolliset jatkekehitystarpeet tunnistettua.

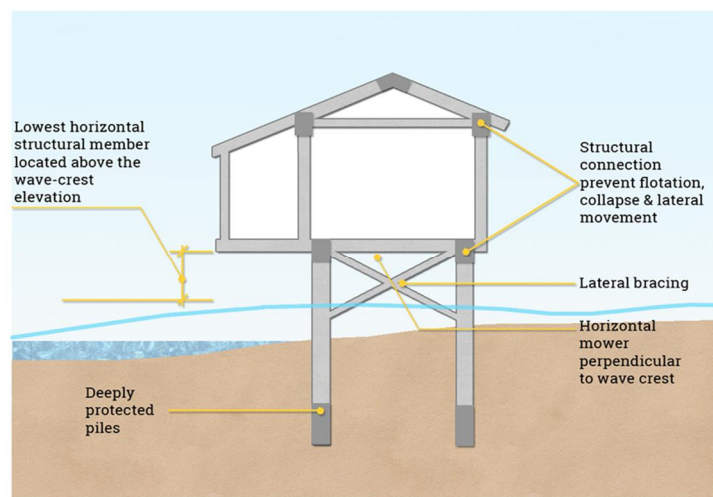
### LC-rantakorttelit

Life-City turvallinen rantarakentaminen muodostuu kahdesta toisiaan täydentävästä osasta, joita voidaan toteuttaa myös halutun laajuisina osa-alueina:

1. Pelastustornit ja pakosillat
2. Rantakortteli, joka kestää ainakin kohtuullisen kokoisen tulvimisen tai tsunamin

Tornit on ajateltu toteutettavaksi CLT- ja liimapuurakenteisina kokonaisuuksina, jotka perustetaan betoni- tai teräsrakenteisiin. Tornien pitää kestää tornadon/hurrikaanin aiheuttamat ilmavirtaukset, veden ja aallokon paine sekä vesimassojen mukana ajelehtivan rojun aiheuttamat iskut ja kasaumat. Kansirakenne suunnitellaan helikoptereiden laskeutumisalustaksi.

Sillat ovat joko puu- tai CLT-rakenteisia, alla olevien kuvien mukaisesti. Ne kulkevat tornilta toiselle tai johtavat korkeampiin turvallisii maaston kohtiin. Sillat tuetaan torneihin, kestäviin välitukiin tai riittävän kestäviin rakennuksiin alimman kuvan mukaisesti.



Kuva 9. Rakennusten perustaminen pilareille.

Rakennukset perustetaan tukeville pilareille, ja alin kerros suunnitellaan muilta osin niin kevyeksi, että vesimassat pääsevät kulkemaan rakennuksen alta sen sortumatta. Oikealla olevissa kuvissa ja leikkauksessa alinna esitetään puutalojen, tornien ja siltojen muodostama kokonaisuus, turvallinen kaupunginosa.

#### 4.2.7 Älykkään ja energiatehokkaan korttelin teknologia

EU:n asettamana tavoitteena on siirtyä lähes nollaenergiatalon kaltaiseen uudisrakentamiseen viimeistään 2020-luvun lopulla. Rakennusten energiatehokkuusdirektiivi EPBD:n mukaan kaiken uudisrakentamisen on oltava lähes nollaenergiarakentamista vuoden 2020 jälkeen eli vuoden 2021 alusta alkaen. Tällä tulee olemaan merkittäviä vaikutuksia kaukolämmitettyyn rakennuskantaan Suomessa. Tällä hetkellä kansallinen määritelmä "lähes nollaenergialle" on tekemättä. Life City -projektin yhtenä osa-alueena tarkasteltiin tiiviin kaupunkirakenteen tuomia uusia mahdollisuuksia hajautettujen, mutta toisiinsa integroitujen uusiutuvien energialähteiden

hyödyntämiseen, energiavirtojen innovatiiviseen kierrättämiseen (kysyntäjousto älykkään energiaverkoston avulla) ja sitä kautta päästöjen vähentämiseen.

Alueiden energiatehokkuuteen vaikuttavat pääosin rakennusten kuluttama energia, energiatuotantotavat ja liikenne. Myös ihmisten käyttäytymisellä on merkittävä vaikutus alueen energiankulutukseen. Erilaiset ilmastovyöhykkeet vaativat erityyppisiä rakennuksia ja rakennusten energiaratkaisuja.

Rakennusten kuluttamaan energiaan voidaan vaikuttaa kaavassa energialuokituksen avulla. Kaavassa voidaan vaatia uusille rakennuksille rakennusmääräyksiä tiukempia energialuokkia. Rakennusvalvonnan tärkeänä tehtävänä on ohjeistaa rakentajia energiatehokkaaseen rakentamiseen. Monet seikat vaikuttavat sopivimman energialähteen valintaan. Kaavassa voidaan määrätä kaukolämpöön liittymisestä. Muita energiantuotantotapoja voidaan suositella ja rakennusvalvonta voi aktiivisesti tuoda esille niiden mahdollisuudet.

Siirtyminen kaukolämpöön on taloudellinen ratkaisu taloissa, joissa ei vielä ole merkittävää vaipankorjaustarvetta. Energiatehokkaan peruskorjauksen jälkeen lämmön tarve voi pienentyä jopa 70 %, jolloin kaukolämmön kilpailukyky heikkenee voimakkaasti. Uusiutuvan energian käyttö Peltosaareen on aurinko- ja tuulienergian osalta suhteellisen helppoa talojen hyvän suuntauksen ja yksinkertaisten muotojen vuoksi. Rakennusten katoilla ja osittain myös julkisivuissa on runsaasti tilaa niin aurinko- kuin tuulienergiankin hyödyntämiseen.

Life City -hankkeessa tarkasteltiin alueiden kehittämishaasteita ja suunnitteluratkaisuja, jotka edistävät asuinalueiden energiatehokkuutta. Hankkeessa tarkasteltiin energiatehokkuuden kehittämistä, mutta myös muut ekologiset arvot ovat tärkeitä yhteiskuntasuunnittelussa, samoin kuin kestävä kehitys periaatteet sisältäen myös sosiaaliset ja taloudelliset näkökohdat. Tutkimuskysymyksenä oli muun muassa: "Millainen on puurakenteisen alueen suunnitteluratkaisu, jossa on otettu huomioon rakennuksen oman energiankäytön lisäksi myös yhdyskuntarakenteen innovatiivisen energian takaisinkierrätyksen ja uudelleenkäytön tuomat mahdollisuudet uusiutuvien energioiden lisäämisessä ja päästöjen vähentämisessä."

## **VTT - Älykkään korttelin teknologiat**

Älykkäissä kaupungeissa, kaupunginosissa ja myös korttelitasolla kaiken kehityksen tulisi perustua asukkaiden tarpeisiin, mutta tukea samalla myös kestävä kehitys. Rakennetun ympäristön digitalisointi vaikuttaa koko yhteiskuntaan useilla eri tavoilla: lisäämällä asumismukavuutta ja turvallisuutta, tuottaen kustannussäästöjä ja helpottaen hyödyllisten palvelujen saatavuutta, sekä luomalla uusia esim. lähitalouteen perustuvia liiketoimintamahdollisuuksia.

### **Rakennettu ympäristö**

Jotta ympäristöä voidaan pitää älykkäänä, rakennusten ja infrastruktuurijärjestelmien on oltava toimivia, energiatehokkaita, sekä erittäin joustavia ja mukautuvia. Älykkäiden ratkaisujen olisi aina oltava käyttäjälähtöisiä ja palveltava asukkaita. Kun ihmiset kerääntyvät kaupunkeihin, yhdyskuntatekniikan kuten vesi- ja jätehuollon sekä liikennejärjestelmien olisi tuettava joustavasti heidän tarpeitaan mukautuen muuttuviin olosuhteisiin. Kaupunkien on huolehdittava siitä, että kaikki kehitysprojektit toteutetaan kestävästi ja ne auttavat tulevaisuudessa varmistamaan kaupungin kokonaisvaltaista toimivuutta, mikä taas lisää turvallisuutta, joustavuutta sekä elinvoimaisuutta.

Älykkäässä kaupungissa koko palveluverkko olisi sisällytettävä kattavaan kehittämissuunnitelmaan, jossa otetaan huomioon sekä uudisrakentaminen että korjaaminen ja ylläpito. Siirtyminen osittaisesta optimoinnista koko järjestelmän kokonaisvaltaiseen kehittämiseen tuo suurimmat edut.



Uusimman mallinnustekniikan sekä nykyaikaisen tieto- ja viestintäteknikan hyödyntäminen suunnittelussa, rakentamisessa ja ylläpidossa voi myös parantaa tuotannon ja toiminnan tehokkuutta. Visualisoinnit tukevat eri sidosryhmien välistä viestintää ja tekevät kanssakäymisen asukkaisen kanssa helpommaksi ja tehokkaammaksi. Tehokas ja luotettava verkostointi edellyttää myös yhteisiä tiedonsiirtoformaatteja, rajapintoja sekä protokollia, jotka mahdollistavat tiedon siirtymisen infrastruktuurista järjestelmille ja takaisin.

### Älykkäät rakennukset

Rakennukset ovat olennainen osa älykkään kaupungin infrastruktuuria; ne linkittyvät saumattomasti ympäristöönsä. Tulevaisuudessa rakennuksilla on interaktiivinen rooli älykkäiden kaupunkien viestinnässä, palveluissa ja energianhallinnassa. Älykkäässä rakennuksessa yhdistyvät soveltuvimmat materiaalit, uusimmat teknologiat ja tehokkaimmat prosessit. Tavoitteena on luoda kestävämpi, turvallisempi, mukavampi ja tuottavampi elinympäristö asukkaille tai käyttäjille. Lisäksi älykkään rakennuksen on oltava operatiivisesti ja kustannuksiltaan tehokas omistajilleen.

Kehittynyt teknologia - yhdessä optimoitujen suunnittelu-, tuotanto- ja ylläpitoprosessien kanssa - mahdollistaa terveellisen sisäympäristön, joka parantaa asumismukavuutta ja tuottavuutta, sekä vähentää energiankulutusta ja päästöjä. On ratkaisevan tärkeää varmistaa rakennuksen tai rakennusryhmän suorituskky kokonaisvaltaisen optimoinnin avulla. Tätä optimointia ei tule tehdä vain teknisen suorituskyyyn vaan myös käyttäjäkokemuksen kannalta.

Kaupunkien kunnianhimoiset kestävä kehityksen tavoitteet merkitsevät rakennusten osalta sitä, että niiden täytyy muuntautua entistä älykkäämmiksi. Rakentamisessa ja korjaamisessa tulee käyttää yhä enemmän kestäviä materiaaleja ja energiatehokasta rakennustekniikkaa. Digitaalisesti tarkkailtavat ja ohjattavat rakennukset mahdollistavat energia- ja kustannustehokkaan elinkaaren hallinnan. Älykkäät teknologiat lisäävät toimintojen tehokkuutta ja mahdollistavat rakennusten vuorovaikutuksen muiden kaupunkijärjestelmien kanssa. Automatisoitu ja ennakoiva kunnossapito lisää rakennusten sopeutumiskykyä ja joustavuutta, ja ajan mittaan johtaa säästöihin kiinteistönhallinta- ja ylläpitokustannuksissa.

### Fiksu energiainfrastruktuuri

Vähähiilinen yhteiskunta edellyttää energiajärjestelmien, rakennetun ympäristön sekä liikenteen energiatehokkuutta. Useita uusiutuvan energian muotoja on integroitava järkevästi yhteen fossiilisten polttoaineiden korvaamiseksi, samalla kun energiankulutusta minimoidaan eri aloilla. Energiajärjestelmät edellyttävät joustavaa infrastruktuuria, jossa on tehokkaampia tuotanto-, varastointi- ja jakeluteknologioita. Suuret energiavarastot eivät kuitenkaan ole täysin välttämättömiä joustavuuden ja järjestelmän hallinnan parantamiseksi. Kuluttajien rooli siirtyy entistä osallistuvampaan suuntaan ja kysyntäpuolen hallinta tulee yhä tärkeämmäksi. Puhutaan kysyntäjoustosta ja virtuaalisista voimaloista.

Älykkäät energiaratkaisut, erityisesti älykkäät verkot, tehokkaat energiavarastot sekä uudet hajautetut ja joustavat järjestelmät, tarjoavat suuria hyötyjä rakennuksille, liikenteelle ja älykaupunkien asukkaille.

- § Energialaitokset saavat kustannussäästöjä tehokkuutta tuovan optimointitekniikan avulla.
- § Kaupungit ja asukkaat hyötyvät hiilidioksidipäästöjen vähenemisestä ja kustannussäästöistä.
- § Koko yhteiskunta hyötyy luotettavammasta ja joustavammasta energiajärjestelmästä.
- § Yrityksille avautuu uusia liiketoimintamahdollisuuksia erityisesti uusien palvelujen muodossa.
- § Investoinnit puhtaisiin teknologioihin, järjestelmiin ja palveluihin luovat uusia työpaikkoja ja kohentavat paikallista taloutta.

Kokonaisvaltaisesti yhteentoimivan monilähteisen energiajärjestelmän käyttöönotto parantaa energiatehokkuutta koko tuotantoketjussa. Energian tuottajat pyrkivät tarjoamaan enemmän uusiutuvaa ja puhdasta energiaa sekä integroituja ratkaisuja. Älykkään teknologian kehittäminen, joka mahdollistaa energian tuotannon- ja kysynnänhallinnan sekä kuormituksen sovittamisen ja tasapainotuksen, parantaa merkittävästi järjestelmän tehokkuutta. Älykkäät verkot tekevät energiajärjestelmästä kestävämmän ja vakaamman.

Asukkaiden roolin odotetaan siirtyvän passiivisesta energian kuluttajasta kohti aktiivista toimijaa, joka kulutuksen lisäksi voi toimia energian tuottajana. Kaksisuuntaiset energiaverkot, integroitu uusiutuvien energialähteiden tuotanto ja kustannustehokkaat varastot mahdollistavat käyttäjien mahdollisuuden tulla aktiivisiksi sidosryhmiksi energiamarkkinoilla.

Tulevaisuuden energianhallinta- ja optimointiteknologioiden pitäisi pystyä ennakoimaan energian kysyntää ja arvioimaan käytettävissä olevaa kapasiteettia reaaliajassa. Älykäs energiajärjestelmien hallinta edellyttää edistyneitä teknologioita. Vaikka teknologiat ja uudenlainen ajattelutapa mahdollistavat siirtymisen kohti ”energia-älykkyyttä”, vastaaminen käyttäjien tarpeisiin ja asukkaiden elintason parantaminen on oltava ensisijainen ajuri.

Life City -konseptissa älykäs ja ekologinen infrastruktuuri toteutuu kaikilla tasoilla:

- § VTT:n Kestävän ja älykkään rakennetun ympäristön tutkimustulokset viedään kaavoitukseen ja korttelisuunnitteluun.
- § Älykkäät, joustavat ja turvalliset energiaverkot. Uusiutuva energia kaupunginosa-, kortteli- ja rakennustasolla.
- § Kokonaisuuteen integroidaan myös kiinteistöjen valvonta- ja hallintatekniikka sekä ohjaus- ja säätöautomaatiikka
- § Liikennetekniikka, kulkuvälineet ja ohjaustekniikka
- § Vesi- ja jätehuolto sekä kierrätysratkaisut

Rakennukset ja kotiympäristö:

- § Energiantuotannon ja -kulutuksen monitorointi
- § Sisäolosuhteiden monitorointi
- § Valvonta- ja turvaratkaisut
- § Laitteiden ja järjestelmien älykäs ohjaus ja säätö

Kestävä ja älykäs energiantuotanto

- Energiantuotanto kestäväällä tavalla
  - suositaan uusiutuvia energialähteitä
  - tuotetaan mahdollisimman vähän ympäristölle haitallisia päästöjä
- Vaihtoehtoiset energiantuotantotavat
  - Aurinkoenergia
  - Tuulivoima
  - Lämpöpumput
  - Biomassa
  - Polttokennot
  - Jätteistä energiaa ratkaisut
  - Pienet CHP (Combined Heat and Power) laitokset
- Energian varastointi
  - Lämpövarastot
  - Lämpöä varastoivat rakennusmateriaalit
  - Pumppuvoimalat
  - Vauhtipyörät
  - Paineilmavarastot (CAES compressed air energy storage)
  - Sähköparistot, akut
  - Synteettiset polttoaineet

### Pieni energian kulutus

- Alueen energiankulutuksen minimointi
  - Energiaa kuluu pääosin rakennusten ja asukkaiden sekä työpaikkojen käyttämään energiaan ja liikenteeseen
  - Rakennusten tilasuunnittelu
  - Rakennusten sijoittelu, suuntaus ja muoto
  - Rakenteiden ja rakennusosien lämmöneristys ja tiiveys
  - Terrassit, parvekkeet
  - Talotekniikka
  - Asukkaiden tietoisuuden ja tietotaidon lisääminen

### Kestävät liikenneratkaisut

- Liikkumisen tarpeen minimointi ja julkisen liikenteen kehittäminen on tärkeää päästöjen vähentämisessä
  - Päivittäin tarvittavat palvelut ja työpaikat alueella
  - Teollisuus- ja muita työpaikkatontteja alueelle
  - Etätöiden tekemisen edistäminen
  - Etäkonttoritilojen tarjoaminen
- Liikenneväylien suunnittelussa tulisi suosia julkista ja kevyttä liikennettä
  - Kevyen liikenteen väylät, joissa pyöräily ja kävely on eriytetty omille kaistoille
  - Parhaimmat liikenneväylät voidaan tarjota julkisen ja kevyen liikenteen käyttöön
  - Autojen pysäköinti alueen reunoille
  - ICT-tekniikan yhdistäminen liikenneratkaistuksiin
  - Julkinen liikenne käyttäjien tarpeen mukaan ja optimoidusti

### Ekologiset vesi- ja jätehuoltoratkaisut

- Vesijärjestelmä voidaan toteuttaa tehokkaammin ja ekologisemmin hajautetuilla ratkaisuilla, kuten ekologista sanitaatiota hyödyntäen.
- ICT-ratkaisut, kuten älykkäät verkostot ja mittarit, sekä vettä säästävät laitteet auttavat pienentämään vedenkulutusta.
- Vähentämällä vedenkulutusta saadaan myös säästettyä muun muassa veden lämmitykseen kuluva energia.
- Vedenkulutusta voidaan vähentää muuttamalla kulutustottumuksia sekä käyttämällä vettä säästäviä hanoja, suihkuja ja muita vesikalusteita. Näihin ei kuitenkaan voida juuri vaikuttaa kaupunkisuunnittelun keinoilla. Jotain voidaan silti tehdä, muun muassa tiedottamalla asiasta asukkaille, yrityksille ja työntekijöille.
- Yksi mielenkiintoinen vaihtoehto vesiratkaisuille voisi olla vihreä sanitaatiojärjestelmä, jossa mustat ja harmaat vedet on erotettu toisistaan. harmaat ja mustat vedet voidaan käsitellä paikallisesti ja hajautetusti biologisen puhdistuksen avulla.
- Hulevesien hallinta tulee suorittaa kestävän urbaanin hydrologian periaatteiden mukaisesti. Tähän kuuluvat tarkempi suodatus ja hulevesien hyödyntäminen kastelussa sekä ylimääräisten hulevesien kerääminen niiden käsittelyä varten.
- Sadevesipuisto (storm water park) luo keskeisen alueen viihtyisälle vapaa-ajan vietoille.
- Jäteratkaisujen osalta keskeistä on jätemäärien pienentäminen.
- Jätteiden kierrätys on toinen tärkeä seikka. Jätteiden kierrätykseen voidaan kannustaa tarjoamalla alueelle hyvät kierrätysastiat tarpeeksi lähelle asukkaita. Myös jätteiden kuljetuksista aiheutuvat päästöt tulisi pyrkiä minimoimaan.
- Rakennusvaiheen tuottamat jätteet tulee myös huomioida. Tontinluovutusehdoissa voitaisiin asettaa ehtoja rakennusajan jätteiden käsittelylle.
- Jätteitä voi myös hyödyntää energiantuotannossa. Biohajoavista jätteistä ja lietteistä voidaan tuottaa biokaasua, joka sopii esimerkiksi sähkön- ja lämmöntuotantoon CHP-laitoksella sekä liikennepolttoaineeksi. On kuitenkin huomioitava, että alueen

tuottaman jätekuorman sisältämä energiamäärä ei yleensä riitä kattamaan alueen koko energiantarvetta, vaan tarvitaan jätteitä myös muilta alueilta (tai vaihtoehtoisesti lisäksi muita energianlähteitä).

#### Ympäristön huomioiminen

- Alueen suunnittelussa on luonnollisesti tärkeää huomioida paikallinen ympäristö ja suunnitella alue siihen sopivaksi. Tämä otetaankin jo nykyisin hyvin huomioon aluesuunnittelussa.
- Pienen mittakaavan viljelytoiminta on lisännyt suosiotaan. Viljelypalstoilla on myös ekologista merkitystä, sillä niiden kautta hyödynnetään paikallisia resursseja ja tuotetaan slow food -periaatteella ruokaa, jonka ekologinen jalanjälki on pieni. Viljelypalstojen ja siirtolapuutarhojen on hyvä sijaita lähellä asuntoja, jolloin asukkaat voivat liikkua palstalleen kävellen tai pyöräillen ja niitä on helpompi valvoa.
- Viheralueet lisäävät alueen ekologista laatua ja antavat tilaa monimuotoiselle luonnolle. Koko alueen läpäisevät viheralueet ja -käytävät tarjoavat alueelle houkuttelevan kävely- ja pyöräilyreitit, mikä vähentää autoilua ja sen ympäristövaikutuksia.

#### Sosiaalisten näkökohtien huomiointi

- Sosiaaliset näkökannat (kuten alueen kulttuuriset ja historialliset kohteet) on myös huomioitava alueen suunnittelussa.
- Asukkaille kannattaa kehittää yleisiä julkisia tiloja ja tarjota paikkoja, joissa voi tavata muita ihmisiä. Yksi tähän sopiva keino on
- tarjota yhteisiä rantasaunoja, jotka lisääisivät sosiaalista kanssakäymistä ja mahdollisesti vähentäisivät myös sähkönkulutusta (asiaa on käsitelty laajemmin energian kannalta luvussa 2.5)
- Asukkaat olisi hyvä ottaa mukaan alueen suunnitteluprosessiin. LivingLab -toiminnan vienti osaksi kaupunkisuunnitteluprosessia on hyvä ja toimiva tapa saada asukkaiden toiveet täytettyä.

### 4.3 Life City yhteisötalo

Väestörakenteen vanheneminen ja yksin asumisen lisääntyminen kaikissa ikäryhmissä ovat tehneet yksinäisyydestä entistä suuremman ongelman, ja vaikeuttavat seniorien kotona asumista. Yhteisöiden rakentaminen on koettu hyväksi keinoksi ratkaista tämä ongelma. Myös nopeasti lisääntyvä jakamistalous hyötyy yhteisöllisyydestä.

Yhteisöllistämistä käytetään myös sosiaalisten ongelmien ratkaisuna. Sosiaalisten ongelma-alueiden uudistaminen alkaa kaavoituksella ja asukastyöpajoilla. Oikein suunnitellut korttelit ja uudisrakennukset monipuolistavat elinkeinorakenteita ja yhteisöä. Luomalla edellytykset lähitaloudelle voidaan edistää työpaikkojen syntymistä ja torjua syrjäytymistä.

CASE:n käyttämä asukasosallistumista tukeva *charrette*-metodi perustuu suunnittelijoiden vetämään kenttätöimistöön suunnittelukohteessa. Käyttäjät, rakennuttajat ja asukkaat voivat tulla mukaan työskentelyyn vapaasti ilman virallisen protokollan jäykistävää vaikutusta. Tärkeää onnistumiselle ovat *charretten* vetäjän henkilökohtaiset vuorovaikutuskyvyt.

Lisäksi käytännön työssä käytetään mm.:

- § Lasten ja nuorten työpajoja (mennään kouluihin)
- § Seniorikahvit
- § Otetaan hiljaiset ryhmät mukaan (haetaan vaikka Nesteen baarista)
- § Sosiaalisen median käytöstä tehdään yhteinen hanke käyttäjien kanssa

#### Yhteisötalo

Osana LC-korttelin konseptointia suunniteltiin joustava puurakenteinen yhteisöalo. Tällaiset tilat tukevat asuinkortteleiden yhteisöllisyyttä, toimivuutta ja viihtyisyyttä, ja ne palvelevat hyvin myös jakamistalouden tarpeita.

Tiiviissä kaupunkiympäristössä yhteisörakennuksen tilaohjelma voidaan sovittaa myös puukerrostalon ensimmäiseen kerrokseen tai siipiosan. Life City -yhteisöalo voidaan toteuttaa usealla runkovaihtoehdolla:

- § Paikalla rakennettava pre-cut -toteutus
- § Puiset suurelementit
- § CLT-runkoinen paikallarakennettu
- § CLT-runkoinen tilaelementtirakennus
- § Hirsitalo

Rakennuksen joustava perusratkaisu mahdollistaa tilojen tai ainakin osan muuttamista aivan uusiin käyttötapoihin, kuten lastentarhaksi tai palvelukeskukseksi.

### **Yhteisöasuminen**

Tavallisten asuinkortteleiden lisäksi voidaan muodostaa myös varsinaisia asuinyhteisöitä. Moderneissa asuinyhteisöissä asukkailla on omat asunnot, joiden lisäksi kiinteistössä on normaalia enemmän yhteiskäyttöön varattuja tiloja, kuten pyykkitupa, sauna- ja harrastustilat ja usein myös keittiöt ja ruokailutilat yhteisiä ruokailuhetkiä ja juhliä varten. Tilaa voidaan osoittaa myös kuntosalille, kolmannen sektorin palveluille, elokuvaesityksille, viherhuoneelle yms. Aukkaat sisustavat itse tilat viihtyisiksi ja järjestävät yhteistä toimintaa.

Yhteisöasuminen on Manner-Euroopassa saanut suosiota kaikissa ikäluokissa. Nuoret voivat saada apua vaikkapa lastenhoitoon tai harrastuksiin. Myös ikääntyville yhteisöasumisesta on monenlaisia etuja. Osallisuus ja sosiaalisuus lisäävät jaksamista, vireyttä ja toimintakykyä, jotka edistävät psyykkistä ja fyysistä hyvinvointia. Ennen kaikkea yhteisöasuminen ehkäisee yksinäisyyttä ja turvattomuutta.

Yhteisöasumisen perusajatuksena on, että asunnon ostajat osallistuvat tiettyihin yhteisiin vastuutehtäviin yhteisissä tiloissa –saunatilat, ruokatilat kattopuutarha tai vastaavat vaativat huoltamista, ruonlaitto- ja siivousvuorotkin saatetaan määrätä kiertävästi kaikille osakkaille.

## **4.4 Life City koulu**

Oppiminen ei tulevaisuudessa ole enää sidoksissa paikkaan, vaan koulutilatkin voivat olla yhtä hyvin sijaita lähes missä vain. Tärkeää on kuitenkin turvata oppilaiden työrauha. Erilaisilla keinoilla voidaan luoda rauhoittavia ja keskittymiseen soveltuvia tiloja, jotka auttavat uuden oppimisessa ja edistävät luovuutta.

Useimmat uudet koulurakennukset suunnitellaan nykyään monitoimitaloiksi, joita käytetään kellon ympäri. Iltaisin ja viikonloppuisin kaupungin asukkaat ottavat tilat haltuunsa ja käyttävät niitä harrastus-, kerho- ja yhteisötoimintaan. Tällaisia ihmisiä yhdistäviä sosiaalisia tiloja on tärkeä olla olemassa, sillä se vähentää yksinäisyyttä ja tekee ihmiset onnelliseksi.



*Kuva 10. Tukholmassa sijaitseva Rosan Bosch- toimiston suunnittelema Vittra-koulu on yksi paljon maailmalla huomiota saanut projekti. Tästä koulusta löytyy perinteisten luokkatilojen sijaan erilaisia oppimisympäristöjä. Koulussa käytetään paljon digitaalista mediaa pedagogisena välineenä ja oppilaita kehoitetaan työskentelemään omilla kannettavillaan isoissa tai pienissä ryhmissä. (Vittra, arkkitehti-toimisto Rosan Bosch).*

Kokemuksellisen oppimisen mahdollistaminen kouluympäristössä vaatii monikäyttöisiä ja muunneltavia tiloja, opittavan aiheen vaihtuessa. Erilaiset virtuaalihuoneet ja opittavaa asiaa mukailevat tilat ovat hyviä edesauttamaan oppimista. Aktiivisen kokeilun tiloja on hyvä olla koulun läheisyydessä, ja kaiken opetuksen ei tarvitse tapahtua koulun seinien sisällä. Varsinkin kaupungista löytyy monenlaisia paikkoja, joissa oppimaansa asiaa voi kokeilla käytännössä.

Arkkitehtuurin keinoin voidaan tehdä opetuksesta mielenkiintoista. Jos mietitään vanhan ajan perinteistä luokkahuonetta harmaine seinineen ja pienine ikkunoineen, pulpetit rivissä ja opettaja ja taulu luokan etuosassa, kuinka paljon se antaa tilaa oppilaan yksilölliselle persoonalle ja tämän persoonan luovuudelle? Arkkitehtuurin keinoin voidaan myös opettaa asioita. Yhdessä voidaan tutkia ja havainnollistaa koulussa, kuinka se on rakennettu, miten katto pysyy pään päällä, mitä värejä sekoittamalla seinän vihreä väri on saatu aikaiseksi, miten eri muodot syntyvät, kuinka valo heijastuu huoneeseen tai mistä syntyy seinään heijastuva auringon spektri.

#### 4.4.1 Koulurakennuksen suunnittelu

Peruskoulurakennuksen suunnittelussa on hyvä muistaa rakennuksen pääkäyttäjät, eli lapset. Suunnittelussa on päästävä näkemään maailmaa lapsen silmin ja eläydyttävä lapsen tasolle myös fyysisesti. Oppilaiden mukaan ottaminen suunnitteluprojektiin tuo paljon sellaista tietoa, jota aikuiset suunnittelijat eivät kykene muistamaan omasta lapsuudestaan. Maailma muuttuu koko ajan ja monen vuosikymmenen takaiset koulutilat joissa itse on ehkä opiskellut, eivät enää sovellu nykyaikaan. Myös opettajat ja muu kouluhenkilökunta kannattaa ottaa mukaan suunnitteluun, onhan rakennus myös heidän työpaikkansa ja heillä on varmasti kokemusta siitä, miten asiat toimivat tai eivät toimi kouluympäristössä. Toisaalta on muistettava, että etenkin pitkäaikaiset koulurakennuksen käyttäjät usein vastustavat kaikkea muutosta eivätkä osaa hahmottaa uusia ratkaisuja.

Koulurakennuksen tulisi olla kompakti ja avara kokonaisuus, jossa on helppo liikkua paikasta toiseen. Toisaalta liika avoimuus ja jatkuva avoin tila edistävät myös melun leviämistä. Kovin monta kerrosta päällekkäin ei tuo toimivaa ratkaisua, vaan koulun tulisi olla maksimissaan kolmessa tasossa.

Saattoliikennejärjestely tulee olla sisäänkäynnin läheisyydessä, mutta ei niin että ajoliikenne tulisi lasten leikin eteen. Huoltoliikenteen tulisi olla eristetty, toissijaisessa suunnassa koulun ”takapuolella”. Myös henkilökunnan pysäköintipaikat tulee sijoittaa niin, että ne eivät häiritse lasten leikkiä ja oleskelua.



Ihmisiä ei ole luotu istumaan niin paljon kuin mitä nykypäivänä istumme. Tähän ongelmaan tulisi puuttua jo koulussa ja suunnitella ja keksiä heille uusia tiloja ja tapoja opiskella ja työskennellä terveellisemmin.

Minkälainen on uudenlainen oppimistila ja millaisia uusia oppiaineita tulevaisuus tuo opetettavaksi? Tulevaisuuteen ei voi nähdä, mutta sitä voi ennustaa ja ennakoida. Yksi melko varma seikka on, että lähitulevaisuudessa tietotekniikkaa tullaan hyödyntämään yhä enemmän kouluissa ja opetuksessa. Tulevaisuuden ennakkoinnin kannalta tulevaisuuden oppimistilan tulee olla myös helposti muunneltavissa erilaisiin tarkoituksiin.

Erilaisia uudenlaisia kouluympäristöjä ovat muun muassa ilmiöpohjainen koulu sekä pulpetiton koulu. Ilmiöpohjaisessa koulussa tarkastelun kohteena ovat todellisen maailman kokonaisvaltaiset ilmiöt (esim. ihminen, EU, media jne.), joissa yhdistyvät luontevasti eri oppiaineet. Ilmiöitä analysoidaan yhdessä ja oppijat tuottavat niistä tietoa opettajan ohjaamana. Pulpetittomassa kouluympäristössä luokkiin ja oppimisen eri tiloihin on rakennettu kalusteiltaan moderni työskentely-ympäristö, oppilaat eivät istu enää riveissä. Oppimisympäristö myös laajenee koulurakennuksesta ympäröivään yhteiskuntaan. Tavoitteena tulisi olla, että oppilaat pääsisivät maksutta liikkumaan Helsingissä eri kulkuvälineissä koulupäivän aikana. Tämä takaisi tasa-arvoiset mahdollisuudet eri puolilla kaupunkia opiskeleville oppilaille ja opiskelijoille hyödyntää Helsinkiä urbaanina oppimisympäristönä.

### **Tilasuunnittelu**

Tiloja suunniteltaessa on hyvä pohtia, mitkä tilat tulisi sijoittaa vierekkäin ja mitkä mahdollisimman kauaksi toisistaan. Ensimmäisessä kerroksessa tulisi olla aula, ja kokoontumistilat. Myös liikuntasali ja ruokalatilat tulee sijoittaa ensimmäisessä kerroksessa, jotta logistiikka helpottuu. Koulujan ulkopuoliset toimijat tulee ottaa huomioon suunnittelussa siten, että heidän on helppo käyttää tiloja muun koulun ollessa suljettu. Teknisen työn opetustilan, liikuntasalin tai musiikin opetustilan ei tule sijoittaa ääniteknisistä syistä hiljaisuutta vaativien tilojen kuten esimerkiksi puheterapiatilat tai hallintotilojen seinänaapureina (Anttalainen & Tapaninen 2009).

Musiikin, teknisen työn, tekstiilityön, kuvaamataidon ja kotitalouden tilat ovat sellaisia tiloja, joita käytetään mahdollisesti myös iltaisin. Siksi näiden tilojen olisi hyvä sijoittaa esimerkiksi kadun varrella tai muuten rakennuksen ulkoseinustalla, jotta niihin olisi helppo saapua myös muun koulun ollessa suljettu.

Tämän hetken trendinä ovat käytävättömät tilat. Käytävät halutaan osaksi opiskelutiloja, ja niistä halutaan enemmänkin kohtaamistyyppisiä tiloja, joissa voi myös opiskella.

Opetustilojen tulee olla muokattavissa erilaisiin opetustarkoitukseen. Oppilaille tulee antaa mahdollisuus vaikuttaa tilojen sisältöön. Optimitilanne olisi sellainen, että oppilaat yhdessä opettajan kanssa pohtisivat, millainen on hyvä oppimistila heille, ja tekisivät tilasta mahdollisuuksien mukaan sellaisen.

Avoin oppimisympäristö on tällä hetkellä suosittu opetustilamuoto ja siihen kannustetaan. Nykytrendinä pidetään myös luokatonta koulua. Luokaton koulu tekee oppimisen näkyväksi, eikä synkkiä ja luotaantyöntäviä tiloja pääse syntymään. Kaikki tila on kaikille oppilaille avointa ja vuorovaikutusta syntyy huomaamattakin. Luokattoman koulun huonoja puolia saattaa kuitenkin olla tilojen sekavuus ja meluisuus, ja se, osaavatko oppilaat löytää kulloisenkin opetuspaikan, kun se saattaa sijaita missä sattuu. Luokaton koulu tulisikin ehkä suunnitella niin, että pienimmille lapsille olisi pysyvät omat tilat, ja mitä korkeammalle vuosikurssille mennään, sitä enemmän opetus olisi hajautettua eri tiloihin.

Nykyään koulusuunnittelussa pyritään muuttamaan luokkahuoneen järjestystä niin että se tukee nykyaikaista avointa oppimisympäristöä. Opettajan paikkaa ei enää korosteta ja vuorovaikutteisuutta pyritään edesauttamaan tilasuunnittelussa.

Oppimistilojen tulee myös tukea opiskelijoilta vaadittavia valmiuksia. Tiloihin täytyy suunnitella ryhmätyöskentelytiloja, rauhallisia tiloja, erilaisia tutkimustiloja, luentotiloja ja tekniikan tulee olla mahdollisimman helposti käytettävissä. (Meskanen 2008)

Monissa tutkimuksissa varsinkin nuoret ovat pitäneet suuresta keskusaulasta (koulussa), jota on jaoteltu erilaisilla oleskeluryhmillä ja työskentelypisteillä. Nykyaikaista oppimista tukevana pidetään oleskeluryhmien sijoittamista ympäri koulua sekä tekniikan helppoa käytettävyyttä. (Meskanen 2008; Nuikkinen 2005)

Opetushallituksen julkaisemassa kirjassa Terveellinen ja turvallinen koulurakennus on käyty läpi koulurakennuksen laatukriteerejä. Laatukriteereihin kuuluu mm. tilojen mitoittaminen eli teoriaa ja perusteluja oppilaan tilantarpeeseen. Tilantarve lähtee liikkeelle ilmanvaihdon mitoituksesta eli siitä, kuinka paljon henkilö tarvitsee luokassa tilaa, jotta ilmanvaihto on riittävä. On laskettu, että yksi opiskelija tarvitsee vähintään 2m<sup>2</sup> luokkatilaa, joka useimmiten riittää perinteiseen opetukseen. Tästä voidaan laskea, että esim. 20 oppilaan minimi luokkatila on 40m<sup>2</sup>. Perinteisesti yleisopetustilat on mitoitettu saman kokoisiksi 60m<sup>2</sup> opetustiloiksi, joissa on 32 oppilastyöpistettä. Suositeltu huonekorkeus yleisopetustilassa on 2,9-3,1 metriä. Usein kuitenkin ryhmäkoot vaihtelevat suurestikin, toisinaan luokassa on 32 oppilasta tai vuorostaan vain 16 oppilasta. Tämän vuoksi olisi tärkeää suunnitella erikokoisille ryhmille sopivia tiloja, jolloin ei jää niin paljon hukkatyöpisteitä. (Nuikkinen 2005)

Koulurakennusten suunnittelussa hyvänä apuna voidaan käyttää Rakennustiedon kortteja **RT 96-10938**- Koulurakennus, yleissuunnittelu, sekä **RT 96-10939** Koulurakennus, tilasuunnittelu.

#### 4.4.2 Puukoulut tulevaisuuden kouluina

Tulevaisuudessa koulujen on oltava muuntojoustavia oppiaineiden muutosten ja monimuotoisuuden kannalta, ekologisesti kestäviä ilmastonmuutoksen ja energiansäästöpainneiden alla sekä terveellisiä ja turvallisia oleskella. Puukouluista tehtyjä tutkimuksia katsottaessa puusta tehty koulu voi olla kaikkea näistä.

Rakentamisessa tehtävillä valinnoilla on suuri merkitys ympäristön hyvinvoinnille, sillä rakentaminen kuluttaa Euroopassa enemmän raaka-aineita kuin mikään muu teollisuuden ala. Painon mukaan mitattuna rakentamisen osuus raaka-aineiden kulutuksesta on jopa 50 prosenttia. Lisäksi rakentaminen ja rakennusten purkaminen tuottavat noin 40- 50 prosenttia jätteistä (Metsäteollisuus; RELIEF 2003). Kiinteistöjen osuus on noin 40 prosenttia Suomessa käytetystä energiasta. Rakennuksissa ja rakentamisessa käytetyn energian kasvihuonepäästöt muodostavat noin 35 prosenttia Suomen kasvihuonepäästöistä. (Haapio 2013). On siis merkitystä, mitä materiaaleja käytämme rakentamisessa ja millaisia ominaisuuksia näillä materiaaleilla on.

"On ennustettu, että jo viiden prosentin alkutuotannon vuotuisella kasvulla monet tärkeät uusiutumattomat luonnonvarat on käytetty lähes loppuun seuraavien viidenkymmenen vuoden aikana. Kun kilpailu luonnonvaroista samaan aikaan lisääntyy, se merkitsee uusiutumattomien raaka-aineiden hintojen nousua ja niiden voimakasta heilahtelua kansainvälisten suhdanteiden seurauksena, mikä on jo nähty mm. teräksen hintakehityksessä. Materiaalien hintojen nousu johtaa tarpeeseen löytää niille korvaavia vaihtoehtoja. Rakentamisessa on hyvät edellytykset lisätä puun käyttöä, koska puu on raaka-aineena uusiutuva eikä siitä ole tulevaisuudessakaan pulaa"(Metsäteollisuus).

Puusta rakentaminen vähentää huomattavasti ympäristöhaittoja ja energiankulutusta, sillä puu on uusiutuva luonnonvara ja sitä on runsaasti saatavilla. Lisäksi kasvava puu tuottaa happea

ja sitoo hiiltä, joten jo puun kasvattaminen on ekoteko. Erityisesti Suomessa olisi mahdollisuuksia kasvattaa puurakentamisen määrää, tuotteistaa sitä ja viedä maailmalle. Puurakentaminen on nopeampaa kuin betonirakentaminen, sillä puu ei tarvitse kuivumisaikaa ja esim. CLT-elementtien tai massiivihirren sisäseinäpinta on asennuksen jälkeen valmis. Puuelementit tehdään tehtaalla valmiiksi ja työmaalle tuotuna ne täytyy vain koota. Puumateriaaleilla voidaan vaikuttaa huoneilman laatuun ja sitä kautta ihmisen terveyteen. (Muilu-Mäkelä et al. 2014). Puu on oikein rakennettuna terveellinen materiaali, sillä se hengittää, imee ylimääräistä kosteutta ilmastista ja luovuttaa kosteutta, kun ilma on kuivaa. Etenkin massiivirakenteinen puurakenne takaa hyvän sisäilman, sillä mitä vähemmän seinärakenteessa on kerroksia joihin mikrobit pääsevät kasvamaan, sitä vähemmän epäpuhtauksia syntyy ja sitä terveellisempää ilma on.



Kuva 11. Palkittu Tuupalan CLT-koulu Kuhmossa (Puuinfo 2018)

Puurakenteisena voidaan tehdä kantavia sekä kevyitä seiniä. Näin ollen muuntojoustavuus onnistuu. Puu on myös helppo kierrättää tai uusiokäyttää. Hirsirakennuksia on kautta aikojen siirrelty paikasta toiseen purkamalla ja kokoamalla ne uudelleen.

Puurakennukset ovat hengittäviä ja ekologisista. Puun on todettu olevan helposti lähestyttävä ja lämmin materiaali. Puuinfon internetsivuilla kirjoitettua: ”Puulla on myös psykologisia vaikutuksia. Sisätiloissa puulla näyttää olevan kyky säädellä elimistön stressitasoa. Eri työtiloja vertailtaessa stressitaso oli ihon sähkönjohtokyvyllä mitattuna alhaisin työhuoneessa, jossa oli puisia kalusteita. Edes valkoisella kalustettuun huoneeseen tuodut viherkasvit eivät pystyneet samaan. Puun suotuisat psykologiset vaikutukset on todettu myös kouluissa. Kokopuiseissa luokahuoneissa aamuinen stressipiikki laantui sykevariaatiolla mitattuna pian koulun saapumisen jälkeen eikä palannut uudelleen. Tavanomaisessa verokkiluokassa elimistön lievä stressitila jatkui koko koulupäivän. Oppilaiden stressin kokemukset, kuten väsymyksen ja aikaansaamattomuuden tunteet, olivat puisessa luokahuoneessa vähäisempiä kuin tavanomaisessa. Puun käyttö sisätiloissa näyttää ulottuvan myös ihmisten käyttäytymiseen ja sosiaaliseen havainnointiin. Toimitiloissa, joissa oli käytetty puutuotteita, vierailijoiden ensivaikutelma työntekijöistä oli suotuisampi kuin jos puuta ei ollut. Puisessa toimistossa

työntekijät koettiin asiantuntevimmiksi, menestyvimmiksi, rehellisemmiksi, vastuullisemmiksi ja luovemmiksi kuin tavanomaisessa toimistossa”. ”Parhaimmillaan puun käytöllä sisätiloissa voidaan vaikuttaa läsnäolijoiden mielialaan ja fysiologisen stressin tasoon. Tutkimusten mukaan ihmiset reagoivat puun käyttöön sekä fysiologisesti että psykologisesti myönteisesti. Puupinnat saavat huonetilan tuntumaan lämpimältä, kodikkaalta ja rauhoittavalta. Näissä ominaisuuksissa puu voittaa kaikki tavanomaiset pintamateriaalit. Kosketettaessa puupinta antaa turvallisen ja luonnollisen tunnun.” (Puuinfo 2016).

## Hirsi

Hirsimateriaali on hengittävä, ei-allergisoiva ja huono kasvualusta mikrobeille. Yksiaineiset materiaalit ovat riskittömiä, sillä niissä on vähemmän erilaisia kerroksia joihin kosteus ja mikrobit pääsevät kasvamaan. Monissa tutkimuksissa on käynyt ilmi, että puu – ja etenkin hirsirakenne on yksi terveellisimmistä vaihtoehdoista hyvän sisäilman kannalta. Hirren hyviä ominaisuuksia ovat sisäilman lämmön ja kosteuden tasaus. Hirsi luovuttaa kosteutta kuivalla ilmalla ja imee sitä itseensä kostealla ilmalla, sillä se on materiaalina hygroskooppinen. Näin vältetään erittäin kuivan tai kostean ilman mukanaan tuomilta haitallisilta ja epäterveellisiltä vaikutuksilta. Hirren pintaa ei saa kuitenkaan sulkea virheellisellä pintakäsittelyllä joka pilaisi materiaalin hengittävyyden. Hirsirakenteen tiiviys saavutetaan teollisesti valmistettujen hirsien varauksien muotoilulla sekä hirsien välisissä saumoissa käytettävillä tiivisteillä. Puhtauden lisäksi hirren käyttö on ekologista. Suomessa käytetään hirsimateriaalina pääasiassa mäntyä, mutta jonkin verran myös kuusta. Mänty on materiaalina parempi, sillä kuusi vääntyy ja halkeilee enemmän kuin mänty. Hirren äänieristys riippuu seinän massan paksuudesta, varauksen leveydestä ja hirsiseinän jäykkyydestä. Hirsirakennuksissa voidaan arvioita äänitasoeroksi saavuttaa 28–30 dB, jos käytetään normaaleja ikkunarakenteita ja hirsityyppejä LH180 ja LH 205. (Hirsitaloteollisuus 2016).

Sisäilmasairaista osalle hirsi ei lähtökohtaisesti kuitenkaan sovi puun luontaisten päästöjen vuoksi. Hirsitalossa päästöt ovat uutena huomattavat, mutta laskevat ajan myötä. Henkilöille, jotka ovat herkistyneet erityisesti puun sisältämille aineille, hirsi ei sovellu edes päästöjen vähennyttä (Homepakolaiset ry 2016). Osa vakavastikin sairastuneista sisäilmasairaista on kuitenkin löytänyt nimenomaan hirrestä itsellensä soveltuvan vaihtoehdon. Tämän vuoksi hirsi onkin ehdottomasti yksi suositeltava ratkaisu, kun mietitään sisäilmasta sairastuneille soveltuvan tilan rakentamista. Hirsirakentamisessa tulee huomioida valittavan hirren laatu. Mikä tahansa metsän puu ei sovellu hirreksi, vaan parhaaseen lopputulokseen päästään suorien, hitaasti kasvaneiden, vähäoksaisten ja mahdollisimman tasavahvojen mäntyjen kanssa. Puiden paras kaatoaika on sydäntalvella, jolloin puut ovat lepotilassa, eikä liiallisesta sinistymisestä tai tuhohyönteisistä ole haittaa. (Suomen Hirsitaito ry 2016)

Hirsitalossa ainakin rakennuksen kantavat rakenteet tehdään hirrestä. Hirttä voi käyttää vaakatai pystysuuntaisesti. Vaakahirren käyttö on yleisempää, mutta pystyhirren etuja ovat hirren painumattomuus ja hirsisaumojen helpompi puhtaanapito. Vaakahirressä laskeutuva pöly jää saumoihin, kun taas pystyhirrestä pölyt laskeutuvat maahan. Pystyhirsi soveltuu vaakahirttä helpommin monimutkaisiin pohjaratkaisuihin ja vuotavia nurkkia ei synny. Pystyhirren ongelma on kuitenkin pystyhirren kuivumisesta johtuen syntyvät pystysuuntaiset raot jotka ovat palotilanteessa erittäin nopeasti syttyviä.

Puun oikeaoppinen käyttö tuo rakennukseen hyvän sisäilman. Hirren käyttö kouluissa on kasvussa, ja hirsi soveltuukin hyvin koulurakennuksiin. Pudasjärven hirsikoulu on hyvä esimerkki hirren käytöstä koulurakennuksissa.

Hirren käyttö julkisissa rakennuksissa on selkeässä kasvussa. Moderni hirrenkäyttö on mahdollistanut hirren raikkaan käytön nykyarkkitehtuurissa (mm. ”citynurkka”), eikä hirsirakennusta enää ensimmäiseksi yhdistetä erämaan hiihtomökkeihin tai loma-asuntoihin. Monimutkaisiakin muotoja voidaan rakentaa hirrestä luovuutta käyttäen, mutta mielessä kannattaa pitää hirsirakentamisen perusrakenne, joka koostuu kehistä, jotka jäykistetään yhtenäiseksi rakenteeksi puutapituksella ja poikittaisseinillä. Hirsirakennuksen monimutkaiset

muodot kannattaakin tehdä niin sanottuina kylminä rakenteina. Esimerkkinä suorakaiteen muotoinen rakennus, jota kehystää monimuotoisempi ulkovaippa. Myös arkkitehtuuriin saadaan mielenkiintoisuutta, kun rakennuksen ulkoseinät kohtaavat ulkovaipan kehikon ja väliin muodostuu tiloja joissa erityisesti lapset viihtyvät ja leikkivät mielellään. Auringon liikalämpö saadaan poistettua ulkoisten aurinkosuojien avulla. Mitä ulompänä seinärakenteesta aurinkosuoja on, sitä paremmin se suojaa lämmöltä.

#### Hirsirakentamisen tyyppejä:

Massiivihirsisessä talossa koko seinä on samaa materiaalia ja lisäeristystä ei laiteta. Rakenteellisesti seinä on samaa puurakennetta niin ulko - kuin sisäpuolella. Massiivihirrellä saavutetaan hyvä sisäilman laatu ja se on rakennusmateriaalina ekologisesti kestävä.

(Finnlamelli 2016)

Lamellihirsi on useammasta lamellista liimaamalla valmistettu kantikas hirsi. Liimauksen ansiosta hirsien vääntyminen ja halkeilu on minimoitu. Kestävä sydänpuu asettuu pääosin hirren pinnalle. Liimauksen lujuus varmistetaan VTT:n valvomalla delaminointitestillä, jossa ääriolosuhteiden arvioidaan vastaavan vähintään 40 vuoden säärasitusta. Lamellien liimauksessa käytämme liimaa, joka säilyttää puun luonnollisen hengittävyyden eikä päästä haitallisia aineita sisäilmaan.

Painumaton hirsi: Lamellihirren painumattomuus aikaansaadaan pystypuisella keskilamellilla, hirren erikoisprofiililla, kiristyspultituksella ja hirren erikoiskuivauksella.

Jiirinurkka: Kutsutaan myös citynurkaksi. Nurkka on näkymätön ja siisti, toisin kuin perinteinen sormiliitos tai lohenpyrstönurkka.

#### Kero-lämpöhirsitalo -rakenne

Kero lämpöhirsitalon seinärakenne on mallisuojuattu ja se perustuu perinteiseen pyrstöuraliitokseen. Hirren vankkojen puupintojen välissä on erinomaisesti lämpöä pitävä puukuitueriste. Ulkoseinä täyttää lämmöneristysvaatimukset ilman hirsitaloille tyypillisiä lisäeristysjä.

Kero-talojen puukuitueristeen kyky sitoa ja luovuttaa kosteutta vastaa puun ominaisuuksia. Eristeen tiiviys estää seinän sisäiset ilmavirtaukset ja erillistä höyrynsulkumuovia ja tuulensuojaa ei tarvita. Eristeestä ei irtoa haitallista pölyä, eikä eriste ärsytä elimistöä. Rakennusaikana lämmöneristeiden turvallinen käsiteltävyys on erityisen tärkeää.

Tämä hirsirakenne on erityisen hyvä sisäilmaongelmista kärsiville, sillä se on täysin muoviton. Massiiviset rakenteet eivät sisällä haitallisia kemikaaleja missään muodossa. Höyrynsuluton seinärakenne tasaa ilmankosteutta, ja sisäilma pysyy miellyttävänä myös talvella. Kero-lämpöhirsi on kehitetty jo 1990-luvulla joten uudesta keksinnöstä ei ole kyse. Seinärakenne on mallisuojuattu ja siinä on kaava-alueelle rakentamisen mahdollistava CITY-nurkka. Hirren vankkojen puupintojen välissä on erinomaisesti lämpöä pitävä Hunton-puukuitueriste. Puukuitueriste on myös nurkassa, joten normaalisti talojen ongelmakohdat eli nurkat ovat lämpöhirsitalossa lämpimät. (Olament 2016)

Lisätietoja hirsirakentamisesta Rakennustiedon kortista RT 82-11168, Hirsitalon suunnitteluperusteet

#### **CLT**

CLT (cross laminated timber) on ristiinlaminoiduista massiivipuusta tehty puulevy. Ristiinlaminoinnin ansiosta CLT on luja ja tiivis rakennusmateriaali ja sitä on helppo työstiä. CLT-rakenteet ovat eristäviä ja kantavia rakenteita. Runkorakenne mahdollistaa mm. pitkät jänneväli, kaltevat pinnat, monipuoliset aukotukset sekä rakenteen läpi ulkotilaan menevät rakenteet. (Olament 2016). Puu joustaa paremmin kuin betoni ja sitä voidaan näin ollen pitää turvallisempänä maanjäristys-tilanteissa.



CLT-tilaelementit tehdään tehtaalla valmiiksi, ja niihin asennetaan tarvittava talotekniikka, sprinklaus, ikkunat, ovet, sisäverhoilu sekä kylpyhuone- ja keittiökalusteet. Työmaalla tilaelementit kootaan kerroksittain valmiiksi rakennukseksi. Tilaelementit ovat itsessään kantavia, joten erillisiä kantavia rakenteita ei tarvita (Puuinfo 2016. Tilaelementtirakentaminen)



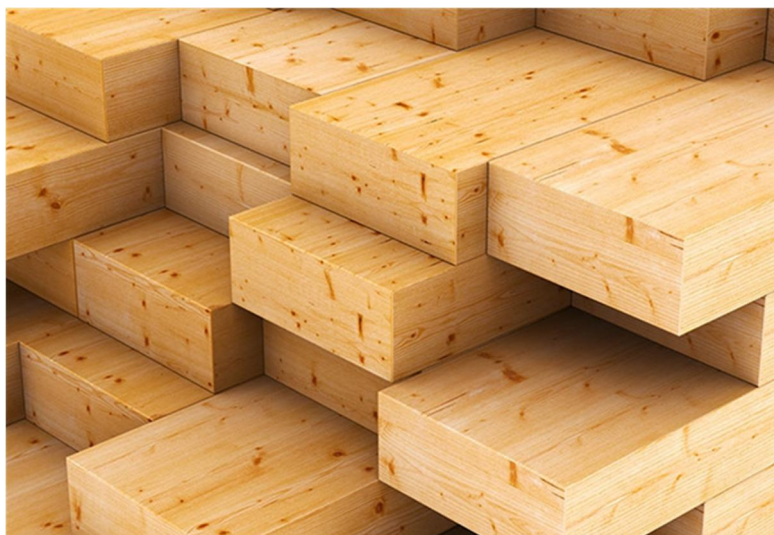
Kuva 12. Stora Enson tehtaalla valmistuva tilaelementti. (Puuinfo 2016. Tilaelementtirakentaminen).

Tuotantoketjussa on erityisen tärkeää pitää huolta, että CLT-elementit pysyvät täysin kuivina rakennustyömaalla. Kun elementit pidetään kuivina, rakentaminen sujuu nopeasti ja helposti, ja tuloksena syntyy kosteudesta vapaa, terve ja vakaa rakennus.

Koska CLT-paneelit ovat pitkälle tehdasrakenteisia valmiselementtejä, jotka vain kootaan yhteen rakennuspaikalla, aikaväli, jona kosteusvaurioihin johtavat riskitekijät voivat vahingoittaa elementtejä, on minimaalinen. Rakennusprosessin mutkattomuus myös supistaa työmaalla tarvittavan erityisosaamisen tarpeen, mikä johtaa nopeaan ja helppoon rakennusprosessiin, jossa paneelit pitää vain asettaa yhteen vaivattomasti monimutkaisia liitoksia tarvitsematta. Vaikka CLT-elementtien valmistuskustannukset ovat kutakuinkin samaa luokkaa kuin teräksen tai betonin, tuotanto- ja rakennusprosessin asettavat sen lopullisen hinnan merkittävästi alemmalle tasolle. CLT on selkeästi nopeimmin rakennustyömaalla kokoonpantava materiaali, joka mahdollistaa mahdollisimman lyhyen valmistusajan rakennusprojekteille (Crosslam 2016).

CLT:n - kuten muidenkin puumateriaalien maalauksessa on käytettävä hengittäviä materiaaleja, jotta kosteus ei pääse tiivistymään rakenteeseen ja se pääsee hengittämään. CLT:n hyviä puolia ovat siis kuten hygroskooppinen käyttäytyminen, ekologisuus, tiivis rakenne ilman höyrynsulkua, vähäinen kylmäsiltojen määrä (riippuen toki rakennussuunnitelmasta), hyvät muodonmuutosominaisuudet, rakenteellinen kantavuus ja jäykkyys, keveys ja lujuus mahdollistaen esimerkiksi tilaelementit, sekä CNC-jyrsimellä materiaalin työstöt, joka mahdollistaa erittäin tarkat mitat. Tällä hetkellä ongelma on kuitenkin se, että ostaja joutuu maksamaan myös CLT-levyn aukoista, jotka jyrsitään pois suunnitellusta levymuodosta. Mahdollisesti tulevaisuudessa nämäkin ”hukkapalat” voitaisiin uudelleen käyttää. (Stora Enso 2016)





Kuva 13. Crosslamin CLT-levyjä. (Crosslam 2016)

### Hybridirakenteet

Yhdistelmä- eli hybridirakenteet ovat rakenteita, joissa eri materiaaleja, kuten betonia, terästä, puuta ja tiiliä tai harkkoja yhdistetään joko runko- tai julkisivurakenteina. (Elementtisuunnittelu.fi 2016).

Puurakennus voidaan tehdä erilaisten rakenteiden yhdistelmällä, ja usein näin saadaankin paras ja monipuolisin lopputulos. Usein, jos puuta halutaan käyttää isommassa rakennuksessa, perustukset valetaan betonista ja puuta käytetään rakennuksen kantavina tai keveinä ulkoseinäinä, pilari-palkki-järjestelmänä tai pelkästään julkisivuverhouksessa.

CLT soveltuu monenlaiseen hybridirakentamiseen, esimerkiksi pienelementti-, suurelementti-, tilaelementti-, pilari-palkki- ja hirsirakentamiseen. CLT sopii kaikkiin puurakennejärjestelmiin. CLT:tä voi käyttää myös betonirunkoisissa ja teräsrunkoisissa rakennuksissa.

Ulkoseinän hybridivaihtoehtoja:

1. hybridirakenne pilari-palkki + kantavat ulkoseinät
2. perinteinen pystyrunko johon integroitu liimapuu kantavaksi elementiksi

Välipohja:

1. liimapuun ja ohuen betonikerroksen liittorakenne
2. puinen välipohja tuottaa äänieristyshankaluuksia, mutta liittorakenteen lisäämällä niitä voi vähentää
3. parvekkeet ulkoisena hybridirakenteena voidaan tuoda elementteinä asuinrakennukseen (Versowood 2016)

### Yleisimmät rakennusjärjestelmät

Yleisimmin käytetty runkojärjestelmä on kantaviin seiniin perustuva kerroksittainen järjestelmä. Kantavat seinät voidaan toteuttaa rankarakenteisilla tai massiivipuisilla suurelementeillä. Puisilla välipohjarakenteilla päästään noin 7 metrin jännemittoihin. Kantavia linjoja ovat tavallisesti rakennuksen ulkoseinät ja osa väliseinistä, tavallisesti huoneistojen väliset seinät. Lattiat ja osa seinistä toimivat talon jäykistävinä rakenteina.

Rankarunkoinen suurelementti on yleisin tapa tehdä puurunkoinen rakennus. Korkeissa rakennuksissa seinän runko tehdään vakiomittaisesta liima- tai kertopuusta. Niillä voidaan rakentaa yli nelikerroksisia rakennuksia. Kantavat ja ei-kantavat seinät ovat rakenneperiaatteiltaan samanlaisia. Välipohjarakenne voidaan valita vapaasti. Se voi olla esimerkiksi rankarakenteinen palkkivälipohja, kotelo- tai ripalaatta. Pitkät jännemitat ovat

mahdollisia kantavan rakenteen korkeutta lisäämällä. Jännemittoja voidaan kasvattaa myös betonin ja puun liittorakenteella, jolloin kyseessä on hybridirakenne. Hybridirakenteet muiden materiaalien kanssa monipuolistavat rakenteen käyttömahdollisuuksia entisestään.

#### *Massiivipuinen kerrostalo CLT-tekniikalla*

Kantavat seinät voidaan toteuttaa CLT-massiivipuulevystä, jossa levy toimii sekä kantavana että jäykistävänä rakenteena seinissä ja välipohjissa. Aukotukset ja liitokset tehdään levyihin tehtaalla tietokoneohjatulla jyrsintätekniikalla mittatarkasti. CLT-levyn käyttö mahdollistaa joustavan aukotuksen seinissä ja välipohjissa sekä ulokerakenteet. Levyn kapasiteetti riittää jopa 12-kerroksisiin taloihin. Elementtejä toimitetaan halutussa valmiusasteessa mukaan lukien eristeet, pintamateriaalit, ikkunat ja ovet.

#### *Pilari-palkkijärjestelmä*

Pilari-palkkijärjestelmässä rakennuksen runko muodostuu liima- tai kertopuisista pilareista ja palkeista joiden varaan väli- ja yläpohjatasot sekä ulkoseinät rakennetaan. Rungon jäykistys tehdään tavallisesti vinositein jäykkien liitosten avulla tai mastopilarein. Pilari-palkkijärjestelmällä voidaan saavuttaa avoin, muuntojoustava pohjaratkaisu ja suuret aukotukset julkisivuissa. Järjestelmä mahdollistaa vapaan ja joustavan tilasuunnittelun sekä seinien aukotuksen. Koska kantavia väliseiniä ei ole, on huoneistojen välisiä seiniä helppo muuttaa rakennuksen elinkaaren aikana. rakennejärjestelmä tarjoaa hyvän muuntojoustavuuden. Yhdenmittaisista pystyrakenteista johtuen rakennuksessa ei ole painumia. Rakennusvaihe työmaalla on erittäin nopea. Vesikatto saadaan valmiiksi jopa muutamassa päivässä, jonka jälkeen talolla on sääsuoja. Ulkoseinät asennetaan keveinä suurelementteinä. Eristepaksuus ja ulkoverhousmateriaali ovat valittavissa.

#### *Tilaelementit*

Tilaelementtitekniikka on rakentamistapa, jossa rakennus kootaan erillisistä tehtaalla valmiiksi kootuista tilayksiköistä. Tilaelementti muodostuu tavallisesti kantavasta rungosta ja rajaavista pinnoista: valmiista seinistä, lattiasta ja katosta. Elementit valmistetaan kokonaan säältä suojassa tehdasolosuhteissa. Elementtiin asennetaan tehtaalla ikkunat, LVIS-varustus ja kalusteet. Tilaelementin kantava rakenne voidaan toteuttaa usealla eri tavalla, esimerkiksi pilari-palkkitekniikalla, kehärakenteella tai laattamaisilla suurelementeillä.

Tilaelementtitekniikalla saavutetaan kaksoisrakenteen vuoksi erinomainen ääneneristys. Tilaelementtien tyypilliset enimmäismitat ovat 12 x 4,2 x 3,2 metriä. Elementtien ja moduulijärjestelmän mitoituksen suunnittelussa on otettava huomioon elementtien kuljetuksen asettamat rajoitukset. Tilaelementtitekniikka soveltuu erityisesti pienasuntokohteisiin ja asuntoloihin. Tilaelementtitekniikkaa käytettäessä työmaavaihe on nopea. Nopeutensa vuoksi järjestelmä on hyvä täydennysrakentamisessa ja esimerkiksi lisäkerrosten tekemisessä. Se sopii myös matalaenergiarakentamiseen. Tilaelementtitekniikka on esimerkiksi Ruotsissa yleinen tapa rakentaa puukerrostaloja (Puuinfo 2016).



Kuva 14. Elementtikoulu valmistuu Wienissä. (Stora-Enso 2017)

### RunkoPES:

RunkoPES (PES= Puu Elementti Systeemi) -teollisuusstandardin kehitystyö on osa edellä mainittua laajempaa Teollisen puuelementtirakentamisen tutkimushanketta (TEPUTU).

1970-luvun taitteessa Suomessa kehitettiin avoin Betoni Elementti Systeemi (BES) -järjestelmä asuinrakentamista varten. Järjestelmässä standardoitiin betonielementit ja niiden liitosdetaljit. Tämä edesauttoi kilpailuttamista ja useamman toimittajan hyödyntämistä. Puurakentamisen puolelta vastaava järjestelmää ei ole ollut. Yhtenäisen järjestelmän puuttumista on pidetty teollisen puurakentamisen kehityksen hidasteena. (Laukkanen 2012b; Haapio 2013; Puuinfo 2014). RunkoPES julkaistiin alkuvuodesta 2013, ja se on halukkaiden käytettävissä.

Järjestelmässä sovitaan mittamoduulit, liitosperiaatteet ja perusrakenneratkaisut. Eri valmistajien tuotteet ja ratkaisut ovat näin yhteensopivia. Vakiointi ei rajoita arkkitehdin suunnitteluvapautta eikä yrityskohtaisten sovellusten kehittämistä, sillä PES-järjestelmä vakioi ainoastaan rakennusrungon liitosjärjestelmän puurakentamisessa. RunkoPES-järjestelmä merkitsee elinkeinoministeriön puurakentamisohjelman kehittämispäällikkö Markku Karjalaisen mukaan teollisen puurakentamisen läpimurtoa. (Laukkanen, 2012b; Haapio 2013; Puuinfo 2014)

RunkoPES standardoi puuelementtirakentamista, mutta ei määrittele rakennetyyppejä. Se toimii lähtökohtana alan kilpailukyvyyn tehostamiselle, puuelementtirakentamisen tutkimukselle ja kehitykselle sekä yrityskohtaisille ratkaisuille. Järjestelmää on tarkoitus käyttää teollisessa ammattirakentamisessa. RunkoPES mm. nopeuttaa elementtien asennusta ja mahdollistaa elementtien hankinnan usealta eri toimittajalta samaan kohteeseen. Se on tehty suunnittelun ja toteutuksen helpottamiseksi.

### **Puurakenteissa huomioitava paloturvallisuus**

Palotilanteessa puu hiiltyy tasaisesti, noin 1 millimetri minuutissa, joten sen kuormankestävyys ja sortuminen palotilanteessa on tarkasti ennakoitavissa. Puurakenteilla voidaan verrattain helposti saavuttaa 30, 60, 90 ja 120 minuutin palonkestoaja. Vaadittava rakenteellinen palonkestoaja saavutetaan rakenteiden suojaverhouksella, joka on tavallisimmin kipsikartonkilevy, ja puurakenteiden hiiltymävaramitoituksella. Palotilanteessa kipsissä oleva kidevesi höyrystyy pitäen levyn lämpötilan palon vastakkaisella puolella alhaisena, mikä ehkäisee puun syttymistä. Rakenteen ontelot voidaan täyttää palamattomalla eristemateriaalilla joka suojaa puurakenteita ja hidastaa puun hiiltymistä. Rakenteellisen palosuojauksen lisäksi puutalot voidaan varustaa automaattisella sammutuslaitteistolla, sprinklauksella. Suositeltavin sammutusjärjestelmä puutaloon on korkeapainevesisumusprinklaus (Hi-Fog). Lauetessaan se ei roiskuta vettä vaan vesisumun, joka tukahduttaa palon tehokkaasti. (Puuinfo, Puurakenteiden paloturvallisuus, 2016)

Koulut luokitellaan tyypillisesti kokoontumistiloiksi. (Ympäristöministeriö 2011). Koulujen henkilömäärä on nykyään yleensä yli 500 henkeä, kerrosala yli 2400 m<sup>2</sup> ja ne sijoittuvat yhteen tai osittain kahteen kerrokseen, jolloin rakennuksen paloluokaksi määräytyy helposti P2. P2 luokan enintään 2 – kerroksiselle koulurakennukselle ei ole kerrosalarajoitetta eikä 1–kerroksisena henkilömäärärajotetta. Kaksikerroksisena henkilörajoite on 250. Kaksikerroksisena 2. kerrokseen voidaan kuitenkin sijoittaa työpaikkatiloja (mm. henkilökunta-, toimisto- ja/tai tekniset tilat) ilman henkilörajotetta.

P2 – luokan em. koulurakennukselle sisäpuolisilla pinnoilla on pintaluokkavaatimus C-s2,d1 (kun rakennuksen kerrosala on yli 300 m<sup>2</sup>). Pinnoille voidaan sallia yhtä luokkaa lievemmat vaatimukset (D2-s2,d2), jos mm. poistumismahdollisuudet ovat erittäin hyvät, esim. luokista suoraan ulos poistumismahdollisuus. (Ympäristöministeriö 2011). Näin hirren käyttö suojaamattomana on suoraan määräysten mukaan mahdollista. Ulkopuolisen ulkopinnan vaatimuksen hirsi myös täyttää.

Mikäli hirsinen koulurakennus halutaan toteuttaa oppilastiloiltaan kaksikerroksisena ja henkilömäärä on yli 250, on se toteutettava P1 – paloluokan rakennuksena. P1 luokassa sillä ei ole kerrosalarajoitteita. Kantavat rakenteet voidaan toteuttaa hirrellä (vaatimus R60, jonka vähintään 138 mm paksu hirsi täyttää), kun rakennuksen eristeet ovat A2-s1,d0 tarvikkeista (mineraalieriste). Osastoivat rakennusosat (EI 60) voidaan toteuttaa myös hirrellä (vähintään 148 mm paksu hirsi). Sisäpinnoilla on vastaava vaatimus kuin em. P2-luokan rakennuksella, mutta hirsisten ulkoseinien aukoilta tulee vaatimus EI30 osastoinnille. Aukoilta tulevan vaatimuksen voi yleensä välttää varustamalla rakennuksen automaattisella sammutuslaitteistolla (sprinklaus). Lisäksi voidaan koulurakennus saada paloturvallisuus vaatimukset täyttäväksi suunnittelemalla ja rakentamalla se perustuen oletettuun palonkehitykseen. Hirsirakenteiset julkiset rakennukset ovat pääsääntöisesti enintään kaksikerroksisia (Ympäristöministeriö 2011).

### Esimerkkejä puukouluista



Kuva 15. Puurakenteinen koulu Ranskan Limeill-Brevannesissa. (Arkkitehdit Veronique Klimine ja Olavi Koponen). (Puuinfo 2017).

Koulukeskus on kooltaan 9500 kerrosneliömetriä, 100 x 150 metriä ja se on suurin puurakenteinen useita kouluja käsittävä rakennus Ranskassa. Toteutuneessa ratkaisussa on betonia käytetty vain niissä kohdissa, missä rakennus on osittain maata vasten sekä



hissikuluissa. Muuten rakennus on puurakenteinen, väli- ja yläpohjat ovat Lignotrend-puuelementtejä. Elementeissä on massiivipuinen perusrakenne ja puutavarasta tehty ontelolaatta, johon asennettiin talotekniikkaa, sähkö- ja internetyhteydet. Maksimissaan koulukeskuksen puuelementtien jänneväli on yhdeksän metriä. Välipohjissa on käytetty äänieristyksen turvaavan massan saamiseksi betonivalua ja hiekkaa. Julkisivu on antiraffitipinnoitteella käsiteltyä lehtikuusta. (Puuinfo 2017)



Kuva 16. Kastellin monitoimitalo. (Puuinfo 2014).

Oulun kastellin monitoimitalossa on käytetty hybridirakenteita. Kantavat rakenteet ovat betonielementtejä ja ulkoseinät puurakenteisia elementtejä.

Monitoimitalossa yhdistyvät betonirakenteen edullisuus kantavana ja paloturvallisena rakenteena sekä puuelementtitekniikan mittatarkkuus, keveys, korkea laatu, kuivat rakenteet ja nopea asennusaikataulu. Elementtien tilauksesta asennusvaiheeseen toimitus kesti viisi kuukautta ja elementtiratkaisun ansiosta rakentamisen kokonaisaika lyheni kuukausilla. Kun jokaisesta elementistä on oma rakennepiirustus, helpottaa se elementtien asentamista betonirunkoon sekä talotekniikan varausten tekoa seiniin. Rakentamisen kokonaisaikaan saadaan säästöä myös sillä, että ei tarvitse sään kanssa säätää työmaan aikatauluja, kun elementtiasennus tapahtuu tehdaskuivana lähes suoraan kuljetuksesta paikoilleen.

### **Puun vaikutus sisäilman laatuun**

Puun valitseminen rakennusmateriaaliksi on hyvän sisäilman perusta. Se ei kuitenkaan pelkästään riitä. Jos rakennusvaiheessa tapahtuu huolimattomuutta, seuraukset ovat mittavat. Silloin rakenteeseen syntyy epäpuhtauksia, jotka aiheuttavat sisäilmaongelmia. Siksi rakentamisen laatu ja huolella tekeminen on erittäin tärkeässä asemassa rakennuksen hyvän sisäilman saavuttamiseksi. Yksiaineiset materiaalit ovat huonompia kasvualustoja epäpuhtauksille, sillä niissä on vähemmän erilaisia kerroksia joihin kosteus ja mikrobit pääsevät pesiytymään.

Kun hygroskooppisen aineen ja huoneilman välinen rakenteen pinta maalataan tai tapetoidaan, voi pinnoitteen höyrynvastus ja hygroskooppisuus vaikuttaa merkittävästi aineen ja rakenteen teholliseen kosteuskapasiteettiin. (Puuinfo 2004) Nykyään ihminen viettää suurimman osan ajastaan sisätiloissa, joten sisäilmalla on merkittävä vaikutus ihmisen terveyteen. Sisäilman terveyteen vaikuttavat tekijät voidaan jakaa fysikaalisiin, kemiallisiin,

biologisiin ja moni- lähteisiin tai tuntemattomiin tekijöihin (mm. Alanko 2000). Sisäilman liiallinen kosteus aiheuttaa pölypunkkien kasvua ja kosteuden tiivistymistä rakenteisiin, jonka seurauksena syntyy erilaisia mikrobivaurioita, esimerkiksi homeita ja sieniä. Liian kostea sisäilma vaikuttaa ihmisen hikoiluun ja hengittämiseen. Jos sisäilma taas on liian kuivaa, herkemmat ihmiset kokevat hengitysvaikeuksia ja limakalvojen kuivumista, jolloin syntyy helpommin tulehduksia. Kuiva sisäilma lisää myös staattista sähköisyyttä.

Sisäilmaan vaikuttaa myös ilmanvaihto. Jos ilmanvaihto on riittämätön, huoneilmasta voi tulla liian lämmin, jolloin se aiheuttaa väsymystä. Liian vetoisa huoneilma taas aiheuttaa herkillä henkilöillä lihassärkyä, yskää ja nuhaa. Ilmanvaihdon tarkoituksena on poistaa epäpuhtaudet huoneilmasta ja tuoda puhdasta korvausilmaa tilaan. Epäpuhtauksia huoneilmaan syntyy ihmisen aineenvaihdunnasta, ruuanlaitosta, rakennus- ja sisustusmateriaalien kemikaaleista, ulkoilmasta, sekä mahdollisesti radonista. Hiilidioksidipitoisuus on yksi sisäilman tekijöistä, jota voidaan säädellä ilmanvaihdoilla. Luokkahuoneissa pitoisuus saattaa nousta suureksi ihmisen hengittäessä hiilidioksidia huoneilmaan. Tästä syntyy tunkkaisen tuntuinen ilma, joka aiheuttaa väsymystä, päänsärkyä ja työnteon laskua. (Alanko 2000)

Erityisesti ärsyttäviä rakennusmateriaaleja ovat muun muassa lastulevyn sisältämä formaldehydi, joka saattaa aiheuttaa ihmisessä silmien ja nenän ärsytysoireita, yskää, hengenahdistusta ja jopa astman puhkeamista. Rakennuksissa käytettäviä tasoiteaineita tulee myös välttää, sillä ne aiheuttavat sisäilmaan paljon epäpuhtauksia. Kosteuden lisääntyessä tasoiteaineiden sisältävät valkuaisaineet alkavat biologisesti hajoamaan erittäin huoneilmaan ammoniakkia. Tasoiteongelma on ollut pääkaupunkiseudulla jopa suurempi kuin homeongelma. (Alanko 2000)

Muita rakentamisessa käytettäviä materiaaleja joita tulee välttää, ovat mm. asbesti (joka on jo kiellettyjen aineiden listalla), epoksiliimat, polyuretaanivahto, uretaanipinnoitteet, -maalit ja -liimat, akryylipinnoitteet, vesiohenteiset maalit ja lakat, sekä betonipöly. Uusien aineiden kanssa tulee olla tarkkana ja testata ne ennen käyttöä mahdollisten haittavaikutusten kannalta.

## 4.5 Life City päiväkot

Viime vuosina on lukuisissa päiväkodeissa ja kouluissa todettu olevan toiminnallisia vaikeuksia ja sisäilmaongelmia. Life City -hankkeessa on siksi kehitetty terveen toimivan puisen päiväkodin konseptia.

Tutkimusten mukaan väsymys ja hälyisyys kouluissa ja lastentarhoissa osaltaan johtuvat sairaan rakennuksen ilmiöistä. Kehitetty terveen rakennuksen suunnittelumenetelmä torjuu tämän tyyppisiä ongelmia. Sisäilman laatu on koulu- ja päiväkotityöskentelyssä erittäin tärkeä. Hyvään sisäilmastoon päästään käyttämällä emissiovapaita materiaaleja ja puurakenteita sekä integroimalla arkkitehtuuri ja ilmastointijärjestelmä toisiinsa. Uusia terveellisiä rakenneratkaisuja edellyttävät myös monet muut seikat, kuten nuorten lisääntyneet allergiat. Varsinkin kasvuikäisille lapsille ovat oikeat valaisuolosuhteet tärkeitä. Nykyisen käytännön mukainen yksisuuntainen valo aiheuttaa silmiä rasittavia kontrasteja. Tasainen luonnonvalo saadaan aikaan sekä arkkitehtonisin keinoin että uudella tekniikalla. Yksitoikkoisen taseisen valon tilalle on myös kehitetty uusia ratkaisuja, jossa suora ja epäsuora valaisu sekä eri värilämpötilan omaavien valolähteitten yhdistely takaavat nykyistä paremman valoympäristön. Lisääntyvä tietokonetyöskentely edellyttää myös oman valaisunsa.

Lähtökohtana on integroitu suunnittelumalli, jossa arkkitehtuuri, rakennustekniikka ja LVIS-tekniikka CLT-levyjä tai Kerto-puuta ovat osa yhtenäistä sisäilmakonseptia. voidaan käyttää myös arkkitehtonisesti näyttävien ristikoiden jäykistämiseen.



Life City -päiväkodista on tehty kolme erikokoista versiota, joita voidaan muunnella tarpeen mukaan. Life City -projektissa on konseptoitu myös eri ikäryhmille tarkoitettua yhteistä rakennusta, jossa on lastentarha, nuorten tiloja sekä vanhainkoti.

LC-päiväkoti voidaan toteuttaa usealla runkovaihtoehdolla:

- § Paikalla rakennettava pre-cut -toteutus
- § Puiset suurelementit
- § CLT-runkoinen paikallarakennettu
- § CLT-runkoinen tilaelementtirakennus
- § Hirsitalo

Suunnittelun lähtökohtana on avoin joustava arkkitehtuuri, jonka sisällä erilaiset toiminnot ja muutostarpeet voidaan toteuttaa. Lapset ovat erilaisia, ja siksi talosta löytyy sekä yhteisiä tiloja että yksityisiä nurkkauksia, joissa on mahdollisuus yksin puuhailuun ja rauhoittumiseen.

Arkkitehtonisilla ratkaisulla voidaan melko paljon vaikuttaa päiväkotien pääongelmiin, meluisuuteen, huonoon keskittymiseen, väsymiseen ja jopa sairastuvuuteen. Lähtökohtana on jaoteltu tila, joka sallii ryhmätoimintojen lisäksi myös yksityisyyden. Hyvällä tilojen ryhmittelyllä ja yksityiskohtien mitoituksella voidaan myös helpottaa henkilökunnan fyysistä työtä.

Konseptit on suunniteltu siten, että rakennuksen käyttötarkoitusta voidaan myöhemmin muuttaa. Päiväkodista voidaan tehdä esimerkiksi seniorien palveluasunto suhteellisen helposti. Tällaiset muutokset on jo huomioitu LVIS-järjestelmää suunniteltaessa.

## 4.6 Life City puukerrostalo

**CLT kerrostalo.** CLT (cross laminated timber) on ristiinlaminoidusta massiivipuusta tehty puulevy. Ristiinlaminoinnin ansiosta CLT on luja ja tiivis rakennusmateriaali ja sitä on helppo työstää. Life City -hankkeessa on konseptitasolla tarkasteltu 5-kerroksisen CLT-rakenteisen kerrostalon rakenteita, ja rakennuksesta on tehty myös viitesuunnitelma. Arkkitehtuurin, asuntopohjien ja rakenteiden lisäksi konseptissa on tarkasteltu kuljetuslogistiikkaa.

Kerrostalon kantavat seinät voidaan toteuttaa CLT-massiivipuulevystä, jossa levy toimii sekä kantavana että jäykistävänä rakenteena seinissä ja välipohjissa. Tilaelementtejä (moduuleita) toimitetaan halutussa valmiusasteessa mukaan lukien eristeet, pintamateriaalit, ikkunat ja ovet. Aukotukset ja liitokset tehdään levyihin tehtaalla tietokoneohjatulla jyräntekniikalla mittatarkasti.

CLT-levyn käyttö mahdollistaa joustavan aukotuksen seinissä ja välipohjissa sekä ulokerakenteet. Tilaelementtitekniikalla saavutetaan kaksoisrakenteen vuoksi erinomainen ääneneristys. Elementtien ja moduulijärjestelmän mitoituksen suunnittelussa on otettava huomioon elementtien kuljetuksen asettamat rajoitukset.

### CLT-rakenteet

Ulkoseinä:

- § jäykistäviin seiniin normaali ikkuna-aukotus, oviaukot mahdollisia samoin ranskalaiset parvekkeet
- § ei-jäykistäviin seiniin voidaan tehdä pilari-palkki rakenne
- § jäykistävä kaistale suositellaan reunoihin.

Väliseinä:

- § jäykistäviin seiniin voidaan tehdä oviaukkoja
- § joitain jäykistäviä seiniä tehtävä kerrostaloissa aukottomiksi
- § yksi moduulin pitkä seinä voi olla avoin; voi vaatia välituennan
- § huoneistoiden väliseinä 280 mm
- § huoneiston sisäinen tilamoduulien välinen kantava VS 210 mm (REI60)
- § kevyet VS voidaan toteuttaa vapaasti eri rakenteilla.

**Välipohja:**

- § normaalisti noin 500 mm, ellei moduulin leveys ylitä 5 m, → 3,2 kerroskorkeus lähes välttämätön
- § mikäli kerroskorkeus > 3,2 m käännetään levy pystyyn (tämä vaatii tarkkuutta, mikäli puupinta jätetään näkyviin).

**Porrasrakenteet:**

- § mielellään suoria portaita; (lepotasojen) tukirakenteet huomioitava
- § hukkapaloja pyrittävä käyttämään porrasaskelmina.

**Hissi:**

- § hissikuilu toteutetaan yleensä kerroksittain osana muita tilamoduuleita
- § akustiset seinärakenteet asuntojen kohdalla
- § käytäväseinät noin 100 mm + levytys.

**Parvekkeet:**

- § voidaan toteuttaa periaatteessa kaikki parveketyypit
- § kulmaparveke vaatii erikoisrakenteita
- § voidaan tehdä myös asunnon sisään
- § lasiseinät mahdollisia (esim. Profin D-elementti).

**Julkisivut:**

- § periaatteessa kaikki julkisivumateriaalit mahdollisia
- § julkisivut tehdään mielellään täysin valmiiksi jo tehtaalla
- § tilamoduulien pysty- ja vaakasaumat huomioitava arkkitehtuurissa ja paloteknisessä suunnittelussa
- § alimman kerroksen julkisivu syttymätön
- § vaakapaneeli hiukan edullisempi kuin pysty
- § CLT-levyä voidaan käyttää kylmissä rakenteissa myös ulkona, mutta puulle ominainen pieni halkeilu huomioitava

**Palotekniikka:**

- § 1. krs. tehtävä palamattomaksi joko palonsuojamaalilla tai -levytyksellä (palomaalin tekstuuri poikkeaa normaalimaalista)
- § poistumisteillä oltava palosuojatut julkisivut tai suojarakenteita (lippa tms.)
- § ranskalaisen parvekkeen yläosa voidaan vaatia myös palosuojattavaksi.

**Muuta:**

- § märkätiloissa suositellaan käytettävän valmiita märkätilaelementtejä
- § tilamoduuleihin suunnitellaan mielellään täysin valmis detaljointi ja loppusiivous
- § myös koneet, laitteet, installaatiot, palokatkot yms. suositellaan asennettavan käyttövalmiiksi tilamoduuleihin

## **5. Puuelementtirakentamisen suunnittelu ja tuotantomenetelmät**

---

### **5.1 Puukerrostalon tietomallipohjaisen toteuttamisen prosessi**

#### **Nykytilanne ja haaste**

Usealla alan toimijalla on ongelmana, että osaavia suunnittelijoita omien tuotteiden käyttämiseen ei välttämättä ole ja suunnittelutyökalut, sekä prosessit eivät mahdollista tuotteiden täysimääräistä hyödyntämistä. Päinvastoin, myöhässä tulevat ja vajavaiset suunnitelmat aiheuttavat tuotannossa virheitä, seisokkeja ja ylimääräistä hukkaa.

3D- tietomallisuunnittelulla on todettu poikkeuksetta olevan kustannussäästöjä projekteissa. Erityisesti säästöt realisoituvat virheiden vähenemisenä. 3D- tietomallinnuksen hyödyt

korostuvat jalostusarvon noustessa (esim. insinööripuutuotteet) ja erikoistuotteita käytettäessä.

Life City -hankkeessa kartoitettiin laajasti ulkomaan markkinoita, nyt fokukseen nostetaan tuotannon prosessi, joka pitää saada toimimaan kotimaassa, jotta ulkomaan vienti voidaan toteuttaa kannattavasti ja hallittavin riskein.

### **Puukerrostalon tietomallipohjaisen toteuttamisen prosessin määrittely**

Tavoitteena on määritellä puukerrostalon tilaamiseen ja toteuttamiseen vaadittava suunnitteluprosessi esimerkkiaikatauluineen. Konseptilla ei pyritä vain ”tekniiseen” suoritukseen vaan pyritään luomaan raami siitä, miten tilaaminen, suunnittelu, tuotanto ja rakentaminen yhdistetään hallituksi kokonaisuudeksi.

Puukerrostalorakentamisessa korostuu perinteistä tarkempi ennakkosuunnittelu, koska tuotteet tehdään mittatarkasti räätälöidysti ko. kohdetta varten. Suunnitteluaineiston tulee olla aiemmin valmiina ja sen tulee olla perinteistä tarkempaa. Yhdessäkään suunnitelmassa ei voi lukea, että mitat tarkistetaan työmaalla. Tämä aiheuttaa tietomallinnukselle vaatimuksia sisällön lisäksi aikataululle ja prosessille. Uutena työvaiheena tulee tuotannon suunnittelu, jonka vastuurajapinnat ja roolit eivät ole alalla täysin vakiintuneet.

Ennalta määriteltynä prosessina kaikki sidosryhmät tilaajista suunnittelijoihin ja tavarantoimittajiin osaavat varata oikeat tuotanto- ja työajat, sekä osaavat hinnoitella tuotteensa oikein. Hyvällä prosessilla vältetään ylimääräiseltä ”uudestaan” suunnittelulta ja saadaan realisoitua puurakentamisen mahdollisuudet merkittäviin aikatauluetuihin.

### **Toteutuksen sisältö**

Työpaketin sisältöön kuului teknisen datan ja projektiorganisaation määrittäminen puukerrostalon rakentamiseen. Vaadittavat päätöksentekohetket esitellään aikaraameina yhdessä suunnittelun sisällön kanssa. Tärkeä tehtävä on BIM-tutkimus, jossa puukerrostalorakentamiseksi tarvittavat BIM-vaatimukset määritellään yleisellä tasolla. Tutkimus ilmaisee erityisesti ne tarpeet, jotka koskevat riittävää ja tehokasta suunnittelun sisältöä eri vaiheissa. Lisäksi suunnittelussa törmäystarkastelun rooli ja laadun tarkkailu nähdään osana prosessia. Tutkimus ei ota kantaa eri sovellusohjelmiin, mutta huomioi tarvittavat ominaisuudet, joita tarvitaan toteutukseen eri vaiheissa. Tutkimus tuottaa erilaisia tiekarttoja kokonaisprosessiin, mikä on kehitettävissä heti-valmiina konseptina puukerrostaloille kansainvälisellä tasolla.

Tavoitteena on tuottaa suunnitteluosaamista ja hankintaprosessi, kuten myös mahdollisuus luoda uusia liiketoimintamalleja tilaamisesta toteutukseen. Tuloksena työpaketti tuotti:

- Tyypillisen projektin suunnitteluprosessin esittely (työkalut, aikataulut, luotu materiaali, vastuut)
- Projektin, suunnittelun, tuotannon ja rakentamisen prosessimääritelmän
- Puukerrostalojen BIM vaatimusten määrittely

Kokonaisprosessin prosessimäärittely suunnittelusta tuotantoon ja rakentamiseen.

- CLT-tilaelementteihin perustuvan puukerrostalon hankintaprosessi, ml. suunnittelu, tuotanto ja rakentaminen, sekä tietomallivaatimusten tarkastelu

### **Toteutuksen sisältö**

Määritellään tarvittava tekninen aineisto ja projektiorganisaatio puukerrostalon rakentamiseen. Esitetään tarvittavat päätöksentekopisteet. Esitetään esimerkinomainen aikatauluraami sidottuna suunnittelusisältöihin.

Toisena kokonaisuutena on tietomallitutkielma. Tutkimuksessa määritellään yleisellä tasolla puukerrostaloprojektin tietomallivaatimukset. Tarkastelussa otetaan erityisesti kantaa eri vaiheissa tehtävän riittävän, mutta tehokkaan suunnittelun sisältöön. Suunnittelun lisäksi tarkastellaan törmäystarkastelun ja laadunvalvonnan roolia osana prosessia. Selvityksessä ei oteta kantaa eri ohjelmien välillä, vaan otetaan kantaa mitä ominaisuuksia eri vaiheissa tulee

kyetä toteuttamaan ohjelmasta riippumatta. Selvitys voi sisältää suosituksia käytettävien ohjelmien osalta.

Kolmantena kokonaisuutena tulee olla lyhyt selvitys lisätutkimuskysymyksistä ja esitys siitä miten laajempi tuotteistettu kokonaisuus voitaisiin toteuttaa. Selvityksessä esitetään vähintään kolme eri tiekarttaa eri projektiaihioille, joilla voidaan kehittää kansainvälisen mittapuun täyttävä puukerrostalokonsepti.

### **Huomioitavaa**

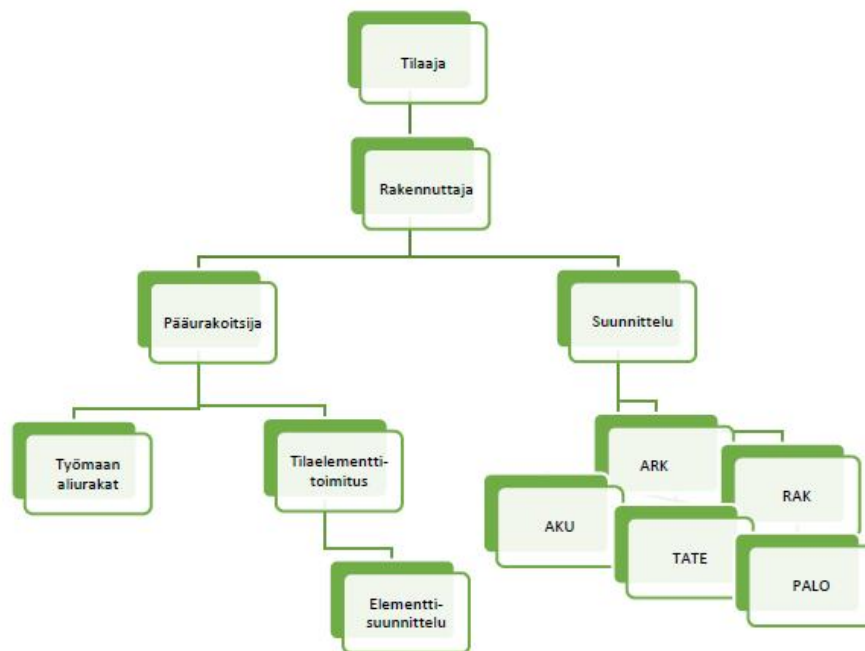
Hankkeen tiimoilta ei kyetty toteuttamaan valmista tuotteistamista. Tämä vaatisi laajan testausohjelman (mm. äänitestaus) ja merkittäviä markkinointiponnistuksia. Hankkeen tiimoilta kyetään luomaan aihio, jota yritykset voivat kehittää eteenpäin omin panostuksin hankkeen jälkeen. Aihion lisäksi tavoitteena on tuottaa osaamista suunnitteluun ja prosessiin, sekä mahdollisuus luoda uusia toimintamalleja tilaamisesta toteutukseen. Lisäksi nyt esitetty hankinta luo perustan ja mahdollistaa sujuvan siirtymisen mahdollisiin jatkohankkeisiin.

### **Hankkeen aloituspäätös**

Kustannustehokkaan ja laadukkaan lopputuloksen turvaamiseksi päätös puurakentamisesta tulee tehdä hankkeen tarvekartoitusvaiheessa. Oikea-aikainen päätös ohjaa suunnittelua haluttuun lopputulokseen tehokkaasti sekä vähentää suunnitelmien muutostarvetta ja uudelleensuunnittelua. Käyttäjän kanssa tehty tilaohjelma auttaa arvioimaan tilatyyppejä ja hahmottamaan tarvittavaa runkoratkaisua. Yhteistyö paikallisen rakennusvalvonnan kanssa ennaltaehkäisee mahdollisia yllätyksiä palomääräysten ja kaavarajoitteiden suhteen.

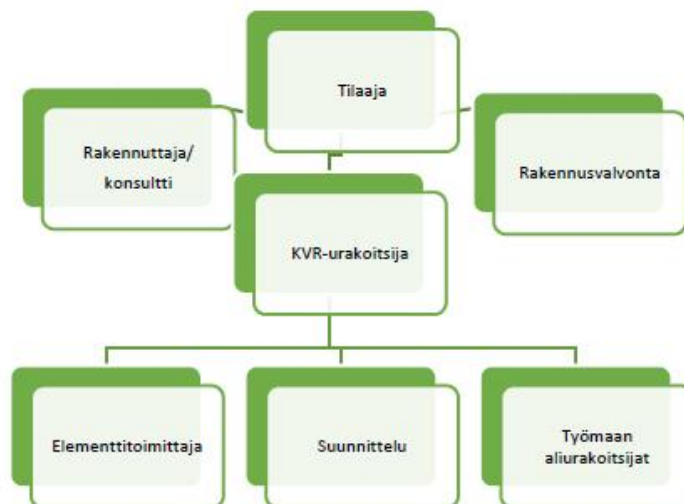
Puurakentamisen voimakkaan kasvun myötä hankkeiden piirteet ja käytännöt vakiintuvat vähitellen, mutta suunnitteluosaaminen massiivipuurakenteiden ja esivalmistettujen elementtien osalta ei vielä ole saavuttanut tarvittavaa laajuutta. Suunnittelun vastuujako ja tehtävät poikkeavat hieman muista runkovalmisteista ja suunnittelu on elementtirakentamiselle tyypillisesti hyvin etupainotteista. Ennakkoon tehtyt puutyöstöt ja tekniikan sijoittaminen esivalmisteisiin elementteihin vaativat paljon eri suunnittelualojen koordinoitua ja yhteensovittua varsin varhaisessa vaiheessa hanketta. Huonolla yhteensovituksella ja vanhanaikaisilla menetelmillä puurakentamisen kustannustehokkuus kärsii työmaalla lisääntyvän työn myötä.

Puurakentamisen murrosvaiheessa suunnitteluosaaminen nousee kriittiseksi tekijäksi urakkamuodon valinnassa. Referenssejä omaavan suunnittelutiimin kokoaminen säästää monelta työvaiheelta ja helpottaa vastuun määrittelyä. Tilaelementtirakentamisessa elementtitoimituksen osuus koko urakasta on niin mittava, että käytännössä jäljelle jää vain suora sopimussuhde elementtitoimittajan ja tilaajan välillä.



Kuva 17. Perinteinen kokonaisurakka.

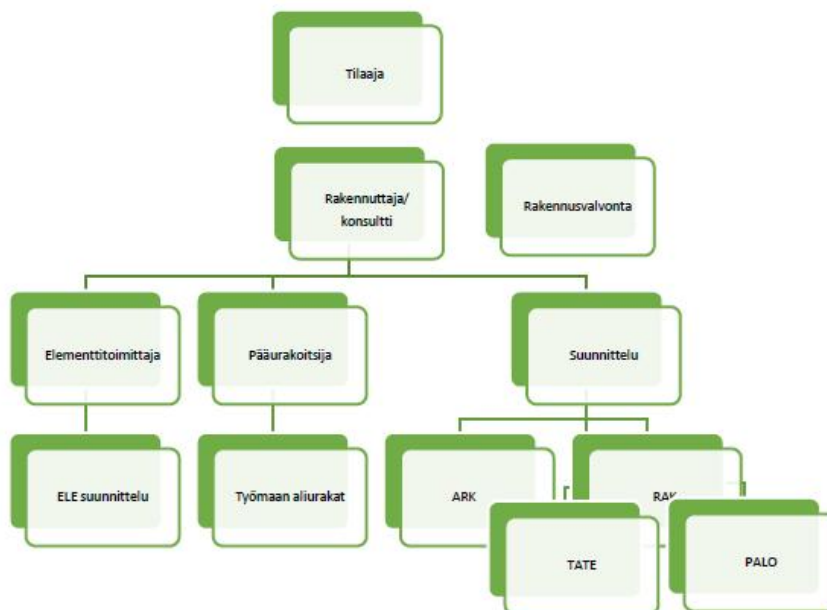
Perinteisessä kokonaisurakassa elementtitoimittaja alistuu pääurakoitsijan alle. Puuelementtirakentamisessa kokonaisurakan haasteita ovat suunnittelun ja elementtitoimituksen erilliset sopimussuhteet tilaajaan. Mallin onnistumiseksi tilaajan tulee huomioida suunnittelusopimuksissa myös elementtitoimittajan tarpeet ja suunnittelu-aikataulu.



Kuva 18. KVR-urakka.

Kokonaisvastuurakentaminen on projektiorganisaatiomalliltaan tilaelementtirakentamiseen hyvin soveltuva urakkamuoto. KVR-projekti on sopimussuhteiltaan tilaajalle kohtuullisen riskitön, edellyttäen kokeneen ja osaavan päätoteuttajan löytymistä. Päätoteuttaja voi yhdessä elementtitoimittajan kanssa koostaa suunnitteluun asiantuntijaryhmän, joka palvelee tilaajan tarpeita parhaiten ja omaa riittävän osaamisen. Kokeneen ja asiantuntevan päätoteuttajan löytäminen voi olla haasteellista.





Kuva 19. Jaettu urakka.

Jaetussa urakkamuodossa urakkahinnoissa on mahdollista saada säästöä suoran sopimussuhteen kautta. Useat sopimussuhteet, osaurakoiden ja suunnittelun yhteensovittaminen on kuitenkin tilaajalle raskas prosessi hallittavaksi.

### Suunnittelun aloituspäätös ja suunnittelun kilpailutus

Suunnittelun kilpailutuksessa erityistä huomiota on kiinnitettävä suunnittelun ohjaukseen, vastuujakoon ja teknisen tason määrittämiseen. Perinteisistä menetelmistä poiketen suunnittelijoilla tulee olla valmius tarkastella aiempaa tarkemmin talotekniikan reitityksiä ja sijainteja jo elementtisuunnitteluvaiheessa ja olla käsitys elementtien valmistusprosessissa käytettävistä menetelmistä ja ohjelmistoista. Ihanteellisessa lähtökohdassa tilaaja edellyttää tietomallin käyttöä kaikilta suunnittelualoilta ja mallin teknisen tason määrittäminen liitetään suunnittelukilpailun aineistoksi. Uudelleensuunnittelun välttämiseksi kohteen mallia tulee rakentaa alusta alkaen todellisilla rakennemitoilla ja tekniikkasijoittelun mallinnustarkkuus palvelee myös tulevaa elementtitoimittajaa.

Kohteen pääsuunnittelija tulee velvoittaa suorittamaan rakennuksen risteystarkastelut yhteistyössä tietomallikoordinaattorin ja suunnittelijoiden kanssa. Tekniikkasuunnittelijat sitoutetaan ilmoittamaan talotekniset läpivientireiät todellisilla läpivientimitoilla huomioiden paloteknisen suunnitelman läpivientikappaleet. Paloteknisten määräysten ja vaadittavan sammutuslaitteiston myötä kohteen laitteistosuunnittelu tulee toteuttaa samanaikaisesti muiden taloteknisten suunnitelmien kanssa.

Urakkalaskentakuvien sisältö on perinteistä rakentamista yksityiskohtaisempaa tai ainakin tarkennuksiin tulee olla valmius vastata urakkalaskennan aikana. Urakka- ja hankintarajaliitteissä tulisi ottaa huomioon työmaan ja elementtitoimittajan väliset rajapinnat. Talotekniikan suunnitelmissa on tarpeen esittää selkeästi elementtitoimitukseen kuuluvat komponentit.

Tilaajan antaman tilausluvan myötä elementtitoimittajan hankintaprosessi käynnistyy välittömästi kriittisten hankintaryhmien osalta. Tämä tarkoittaa suunnittelun osalta etupainotteista prosessia, jossa urakkasopimuksen solmimisen jälkeen tiedossa tulee olla hyvin yksityiskohtaista kiinnike- ja tarviketietoa elementtitoimittajan tarpeisiin.

Elementtitoimittajan hankintojen sovitus yleisaikatauluun

2-3 viikkoa ennen tuotannon aloitusta

- Kiinnikkeet
- Levyt
- Eristeet
- Maalit
- Pakkausmateriaalit

4-5 viikkoa ennen tuotannon aloitusta

- Puutavara
- Kiintokalusteet
- Sisustus

6-8 viikkoa ennen projektin tuotannon aloitusta

- Märkätilaelementit
- Kiinnikelevyt (metallipaja toimitukset)
- Liimapalkit, muut palkit (valmiiksi työstetyt)
- Alihankintapalvelut (LVISpr, Sähkö)

### **Tarjouslaskenta ja tarjousneuvottelut**

Tarjouslaskentavaiheessa elementtitoimittaja arvioi luonnossuunnitelmien pohjalta kohteen soveltuvuuden ja rajoittavat tekijät elementtoinnin osalta. Yhteistyössä suunnittelijoiden kanssa on käytävä läpi kohteen kustannusrakenteeseen olennaisesti vaikuttavat tekijät kuten rakenneratkaisut, talotekniset järjestelmät, paloturvallisuus ja akustiset vaatimukset.

Urakkaneuvotteluissa on erityistä huomiota kiinnitettävä urakka- ja hankintarajojen käsittelyyn, kuten esimerkiksi kiinnike- ja välikemateriaalit sekä viimeistelytöiden suorituksen rajapinta. Hankintarajat talotekniikan liittymisestä elementistä talojärjestelmiin ja automaatioon on käytävä läpi komponenttitasolla, että yllättäviltä lisäkustannuksilta säästytään. Tilaajan on tarpeen huomioida hankkeen suunnittelussa kriittisten hankintaerien tilausluvan ajankohta.

Urakoitsijavalintojen jälkeen elementtitoimittaja listaa elementtisuunnittelun käynnistämiseksi vaadittavat puuttuvat suunnitteluasiakirjat. Lähtöaineiston täydentäminen ennen kohteen suunnittelun aloituskokousta edesauttaa elementtisuunnittelun nopeaa käynnistymistä. Perinteisiin menetelmiin verrattuna tilaelementtirakentaminen vaatii paljon varastointitilaa asennuksien aikana mikä edellyttää välivarastoinnin ja työmaarahtien järjestämistä yhteisesti sovitulla tavalla.

### **Sopimus**

Mikäli suunnitteluvastuu on tilaajalla, on tilaelementtitoimittajan ja tilaajan sopimusta tehdessään kartoitettava yhteisesti puuttuvat suunnittelun lähtötiedot. Suunnitelmien, asiakirjojen ja asukasvalintojen toimituksista sovitut aikarajat liitetään osaksi sopimusta, jolloin molemmat osapuolet sitoutuvat edesauttamaan tuotannon oikea-aikaista käynnistymistä. Toimitusaikataulu liitetään mukaan sopimukseen.

Sopimusneuvotteluissa sovitaan yhteisesti hankkeen tiedotuskäytännöistä ja tiedonsiirrosta osapuolten välillä. Hankkeen osapuolten organisaatiosta nimetään yhteyshenkilöt, jotka ovat oikeutettuja tekemään hankkeen toteutusta ja suunnittelua koskevia päätöksiä. Suunnitelmien muutosprosessista ja hyväksyjistä tehdään yksiselitteiset kirjaukset ja sovitaan yhteisesti käytettävät

Tilaaja ja elementtitoimittaja sopivat valmistettavat mallielementit ja tuotannon aloituksen edellytykset. Sopimukseen tai liiteasiakirjoihin tulee olla kirjattuna tilaajan vaatimat mittaus-toimenpiteet ja -tiheys tuotannon aikana (esim. tiiveysmittaus).

### **Suunnittelun aloituskokous**

Suunnittelun aloituskokouksella viitataan tässä yhteydessä elementtisuunnittelun käynnistämiseen tähtäävää kokousta. Tilaaja edellyttää kaikkien suunnittelualojen yhteyshenkilöiltä osallistumista tilaisuuteen. Suunnittelun aloituskokoukseen mennessä

kohteessa tulee olla urakkalaskentatasoiset kuvat, joissa on huomioitu kohteen toteuttaminen elementtirakenteisena. Aloituskokoukseen mennessä elementtitoimittajan vaatima aineisto tulee olla vähintään luonnostasoisena toteutettu. Aloituskokouksen jälkeen suunnittelijoiden tulee tehdä osaltaan kapasiteettivaraus mallielementtisuunnittelua tukeviin tehtäviin.

Asennusjärjestysuunnitelma tarvitaan elementtitehtaan tuotannonsuunnittelun käynnistämiseksi ja se vaikuttaa olennaisesti elementtisuunnitteluun. Asennusjärjestystä suunnitellessa tulisi ottaa huomioon rakennusaikaisen stabiliteetin lisäksi mm. elementtien kiinnitysten tilavaraukset, työmaan tilankäyttö ja välivarastointi sekä teknisten tilojen sijainti.

Suunnittelun aloituskokouksessa käydään läpi liittyvien rakenteiden detaliikka ja toteutustavat. Parvekkeet, katokset, portaat ja -porrastasanteet vaikuttavat liittyvinä rakenteina olennaisesti myös moduulien rakenteisiin ja tiedot tarvitaan mallielementtisuunnittelun käynnistyessä.

### **Mallielementtisuunnitelmien hyväksyntä ja mallielementtikatselmus**

Tilaaajan ja suunnittelijoiden tulee hyväksyä mallielementtisuunnitelmat ennen tuotannon aloitusta. Tuotannon aloitus tapahtuu kirjallisten kuittausten saavuttua. Mallielementtikatselmukseen osallistuvat tilaaajan lisäksi suunnittelun edustajat.

Mallielementtikatselmukseen kuuluu työn jäljen, toteutustapojen ja laadunvarmistuksen tason arviointi. Katselmuksessa elementtitoimittaja esittelee tilaajalle laatujärjestelmän ja siihen liittyvät dokumentit ja sertifiointit.

Laatujärjestelmä kattaa koko tuotannon alkaen suunnittelusta päättyen valmiin tilaelementin luovutustarkastukseen. Suunnitelmien soveltuvuus tuotantoon ja työmaa-asennukseen käydään läpi jo ennen tarjousvaihetta, jolloin voidaan toteutuskelvottomat ratkaisut karsia pois.

Tuotannossa laatujärjestelmän tarkastuksiin kuuluvat:

- raaka-aineiden ja materiaalien vastaanottotarkastus
- tasoelementtien laadunvarmistus
- tilaelementin rakenteet tarkastus
- valokuvattavat materiaalit ja rakenteet
- Taloteknisten liitännöiden toimivuuden tarkastukset ja tarkastusraportit

Ennen tilaelementin itselle luovutusta suoritetaan sen sekä sisä- että ulkopuolinen tarkastus. Mahdolliset puutteet ja korjaukset suoritetaan ennen itselle luovutusta ja paketointia.

Mallielementtikatselmuksesta laaditaan aina pöytäkirja ja tarkastellut kohteet kuvataan ja dokumentoidaan. Mallielementtikatselmuksen jälkeen tilaaja antaa elementeille valmistuksen jatkoluvan, jonka jälkeen tulleet muutosehdotukset käsitellään lisä- ja muutostyönä. Mallielementtikatselmuksen yhteydessä käydään läpi tilaajan vaatimukset huoltokirjamateriaalin sisällöstä.

### **Tuotannon aloitus**

Tuotannon aikana tilaajalla on mahdollisuus seurata elementtien valmistumista laatudokumentoinnin avulla. Elementtien tarkastusasiakirjat, laadunvalvonnan valokuvat, mittauspöytäkirjat sekä mahdolliset tiiveysmittaustulokset ovat tilaajan nähtävissä valmistuksen ajan. Tuotantojärjestyksen ja -aikataulun pohjana toimii urakkaneuvotteluissa ja sopimuksissa todetut toimitusajat.

Kohteen yleisaikataulun pohjalta suunnitellaan elementtien tuotantoaikataulu ja toteutusjärjestys. Elementit valmistetaan asennusjärjestyksessä työmaan logistiikkaa palvelevasti.

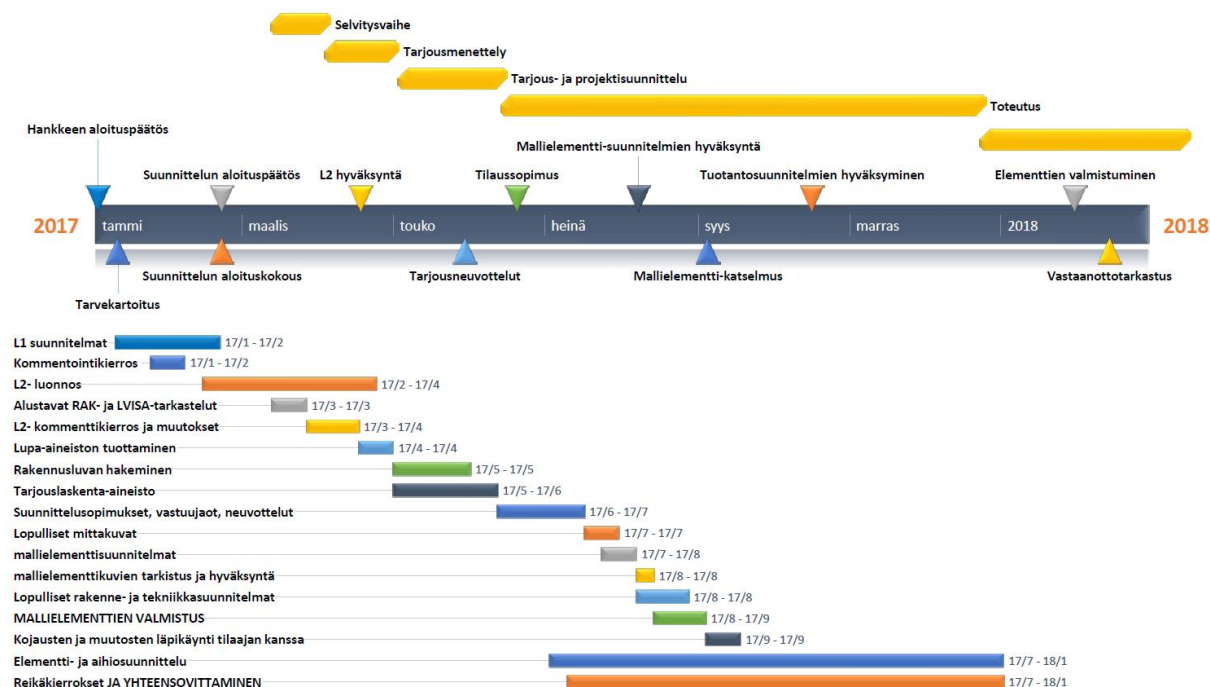
### **Elementtien valmistuminen**

Elementtien valmistumisen jälkeen elementtitoimittaja osallistuu asennusaikaiseen seurantaan. Asennussuunnitelma laaditaan yhteistyössä urakoitsijan, rakennesuunnittelijan ja elementtitoimittajan toimesta. Urakoitsijan velvollisuuksiin kuuluu työmaalle saapuvien elementtien tarkastus ennen asennusta elementtitoimittajan laatimien tarkastusasiakirjojen mukaan. Mahdollisista poikkeamat ja reklamaatiot on saatettava elementtitehtaan tietoon välittömästi kuorman purun tai tarkastuksen yhteydessä.

Elementtitoimittaja luovuttaa tilaajalle huoltokirjamateriaalin elementtihankinnan osalta. Asennustyön edetessä tehdään asuntojen osatarkastukset, jossa todetaan osien sopimuksenmukainen toteutus. Asennustyön päätyttyä ja kaikkien osatoimituksien jälkeen voidaan suorittaa osatoimituksen vastaanottotarkastus.

### Kohteen valmistuminen

Lopullisen vastaanottotarkastuksen jälkeen elementtitoimittaja osallistuu taloudelliseen loppuselvitykseen ja sopii tilaajan kanssa takuuajakaisten huolto- ja korjaustoimenpiteiden käytännöistä.



Kuva 20. Aikataulu- ja vaiheistussuunnitelma.

## 5.2 Modernien tekniikoiden kehittäminen puutuoteteollisuudelle

Usealla puutuoteteollisuuden toimijoilla on vaikeuksia löytää tarpeeksi ammattitaitoisia suunnittelijoita käyttämään heidän omia tuotteitaan ja suunnittelutyökalujaan. Lisäksi, prosessit eivät salli tuotteiden täyttää käyttöä. Myöhässä olevat ja epätäydelliset suunnitelmat aiheuttavat tuotannon virheitä, seisonta-aikaa ja ylimääräistä ajan hukkaa. On todettu, että käyttämällä 3D-mallinnusta ja tietomallinnusta(BIM) saadaan aikaan kustannussäästöjä monimuotoisissa projekteissa. Erityisesti säästöt näkyvät virheiden vähenemisinä. 3D tietomallinnuksen edut korostuvat, kun jalostusarvo kasvaa (esim. tekniset puutuotteet) ja erikoistuotteita käytetään.

Tavoitteena on luoda- yhteistyössä osallistuvien yritysten kanssa- yhteinen konsepti, joka hyödyntää kaikkien osallistujien vahvuuksia. Konseptointi on kehitetty todelliseen rakennusprojektiin ja se yhdistää jokaisen yrityksen vahvuudet, tuotteet ja osaamisen tarkoituksena tuottaa kustannustehokas ja korkeatasoinen tuotepaketti, joka pääasiallisesti

keskittyy puukerrostalon tuotannon mahdollisuuksiin. Tärkeä tavoite on varmistaa konseptin sopivuus kansainvälisille markkinoille.

### **Tietomallinnusprosessin toimeenpano puukerrostaloissa**

Tavoitteena on määrittää puukerrostalon rakentamiseen vaadittavat suunnittelun, tilaamisen ja rakentamisen tarvittavat suunnitteluprosessit esimerkkiaikatauluineen. Konsepti ei tavoittele vain teknistä tuotosta vaan tähtää luomaan ohjeet siitä, kuinka tilata, suunnitella, tuottaa ja rakentaa, tiivistettynä ainutlaatuihin ja kontrolloituun pakettiin.

Puukerrostalon rakentamisessa korostetaan suunnittelua enemmän kuin tavanomaisessa rakentamisessa, koska tuotteet on tehty mittatarkasti ja kustomoitu tiettyyn kokonaisuuteen. Suunnittelumateriaalin tulee olla valmiina aiemmin ja sen tulee olla pikkutarkempi kuin tavanomaisessa rakentamisessa. Siinä ei voi olla edes yhtä suunnitelmaa, jossa lukee, että mitat tullaan tarkastamaan työmaalla. Tämä asettaa vaatimuksia tietomallinnukselle, ei vain sisällölle vaan myös aikataululle ja prosessille. Tuotesuunnittelussa on myös uusi työvaihe, missä vastuun jakamisen reunaehdot ja roolit eivät ole täysin työmaalla luotuja. Ennalta määrättyssä prosessissa kaikki sidosryhmät asiakkaasta suunnittelijoihin ja toimittajiin pystyvät jaksottamaan oikean tuotanto ja työajan ja kykenevät määrittämään hinnan oikein. Hyvällä prosessilla voidaan välttää ylimääräinen uudelleensuunnittelu ja toteuttaa merkittäviä aikataulullisia etuja.

### **Tietomalli ja huoltokirja**

Life City -hankkeen suunnittelu tehtiin käyttäen tietomallipohjaisia suunnitteluvälineitä ja siinä noudatetaan yleisten tietomallivaatimusten pääperiaatteita. Tietomallinnuksen ja simuloinnin avulla voidaan sekä arvioida visuaalista ja esteettistä laatua että nopeuttaa kustannuslaskentaa ja vaihtoehtotarkasteluja. Tietomallin käyttö kustannusten määrittämisessä ja ohjauksessa helpottaa määrälaskentaa, havainnointia ja antaa luotettavan tiedon kustannuskriittisistä kohdista. Mallia hyödynnetään myös mm. suunnitelmien koordinoimisessa, ratkaisujen havainnollistamisessa ja hankkeen ohjauksessa. Lähtökohtana on, että tietomallit ovat hyödynnettävissä kohteen käyttö- ja ylläpitovaiheessa ja toteumatiedot kerätään tietomalleihin.

Tietomallin edellyttämät pelisäännöt ja määrittelyt tehdään heti kehitysvaiheen alussa. Tällöin määritellään tietomallin käyttötavat kohteessa ja sen perusteella mallinnustyö suunnitellaan sekä toteutusprosessin, sisällön että käytettävien ohjelmistojen näkökulmista käyttötarkoitusta palvelevaksi. Samalla huolehditaan, että projektin kaikilla osapuolilla on riittävä ymmärrys ja osaaminen mallin hyödyntämiseen.

## **6. Puurakentamisan pk-yritysten vientiedellytysten kehittäminen**

Yksi projektin tehtävistä oli tuottaa projektissa mukana olleille yrityksille markkinatietoutta kohdealueilta ja siltä osin lisätä yritysten vientiedellytyksiä ja -osaamista. Life City -konsepti on suunniteltu toimimaan nimenomaan vientituotteena, jonka suunnittelu- ja tuotantoprosessiin mukana olevat yritykset osallistuvat tuomalla omat tuotteensa ja osaamisensa mukaan konseptiin. Kokonaisvaltaisen vientituotteen pitäisi olla kehitetty yhdessä tehokkaan ja tiiviin yhteistyön avulla.

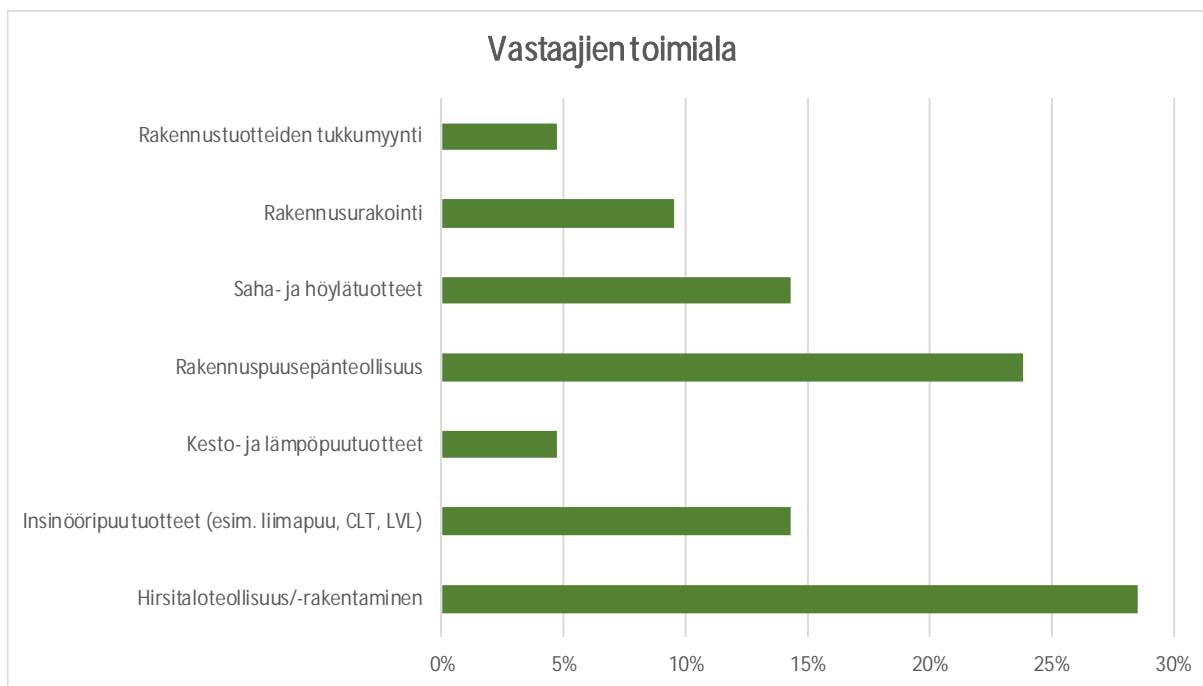
Life City -projektin työpaketissa numero 4 kerättiin kohdealueiden markkinatietoa tietohauilla ja markkina-analyysillä, luomalla verkostoja ja yhteyksiä useiden kumppaneiden kanssa valituissa maissa sekä toteuttamalla kyselytutkimuksen suomalaiselle rakennusteollisuudelle. Tämä tieto auttaa yrityksiä kehittämään heidän omaa vientiliiketoimintaansa ja tuotteitaan. Lisäksi tämä tuo myös tutkijoille tärkeää tietoa puurakentamisen tilasta Suomessa ja suunnan, minne kehittyä tulevaisuudessa.



Markkinatutkimus keskittyi puutuote- ja puurakentamismarkkinoihin Japanissa, Saksassa, Ruotsissa ja Norjassa. Pääasiassa se käsitteli sahatavaraa ja massiivisia puutuotteita kuten CLT rakenteet ja hirsi. Nettipohjainen kysely taas lähetettiin suomalaisille yrityksille, jotka toimivat puutuotteiden, massiivipuulementtituotannon ja puutalorakentamisen toimialalla.

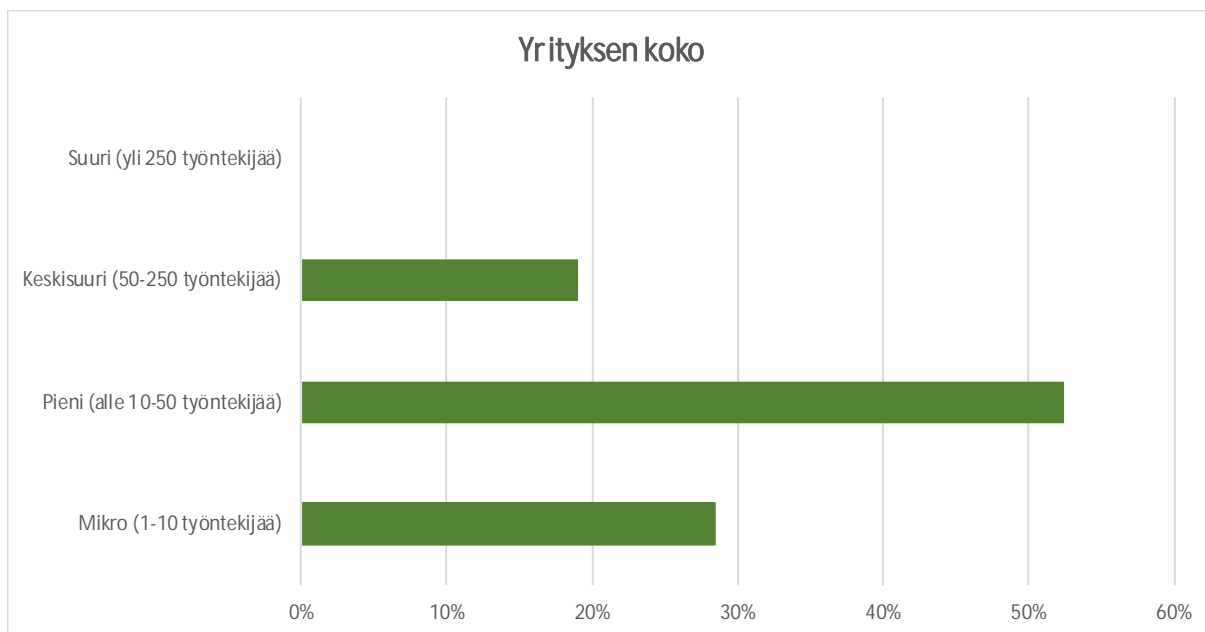
## 6.1 Kyselytutkimus puutuotealan toimijoille Suomessa

Kyselytutkimus suoritettiin nettipohjaisesti ja linkki kyselyyn lähetettiin 150 puutuotealan yritykselle vastausprosentin ollessa 14. Vastaajista suurin osa toimi hirsiteollisuuden/-rakentamisen sekä rakennuspuusepänteollisuuden parissa. Saha- ja höylätuotteita sekä insinööripuutuotteita edusti molempia noin 15 prosenttia vastaajista. (Kuva 21).



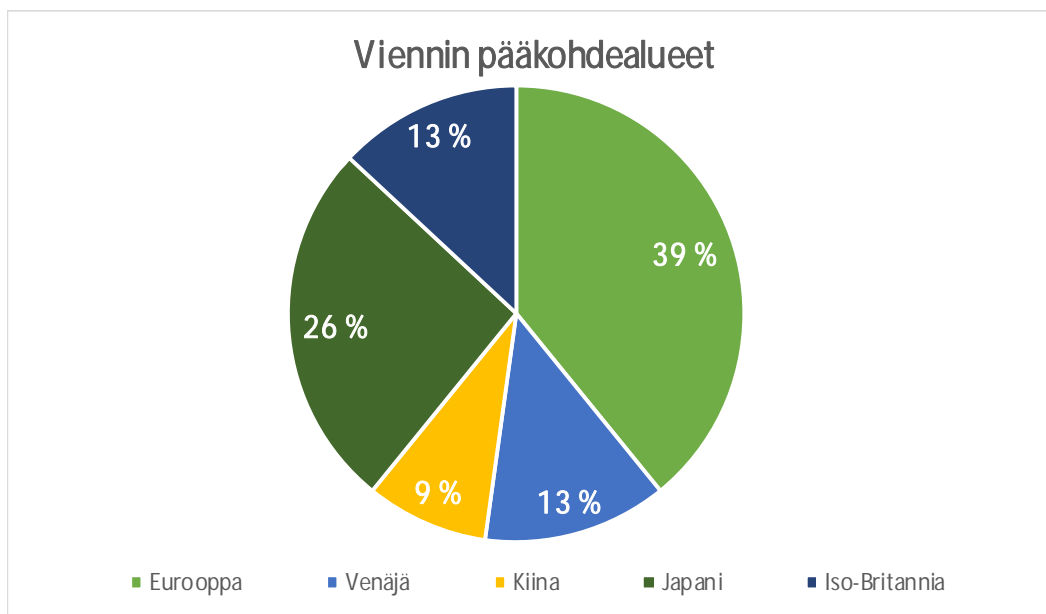
Kuva 21. Kyselyyn vastanneiden toimialat.

Suurimmalla osalla vastaajista oli yli 10 vuoden kokemus puuteollisuudesta ja kaikilla oli vähemmän kuin 250 työntekijää (Kuva 22). Vientitoimintaa oli yli puolella vastaajista.

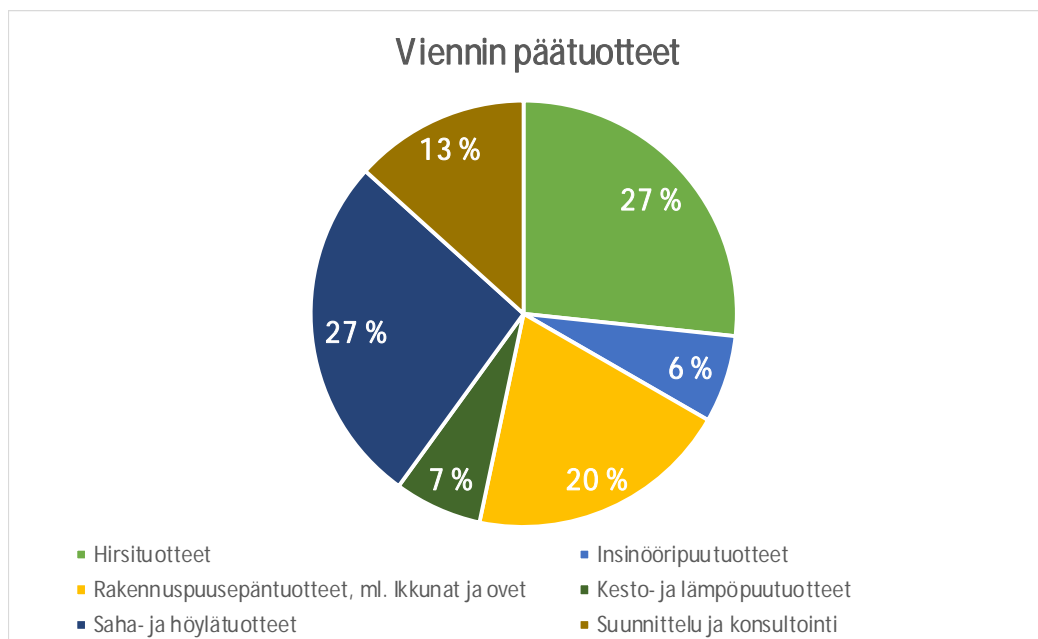


Kuva 22. Vastaajien yrityksen koko henkilömäärittäin.

Yritysten vientiliiketoiminta on pääasiassa suunnattu Eurooppaan ja Japaniin. Myös Venäjälle ja Iso-Britanniaan vientiä on merkittävässä määrin ja vähiten Kiinaan. (Kuva 23). Hirsi-, saha- ja höylätuotteita viedään eniten ja rakennuspuusepäntuotteita, kuten ikkunoita ja ovia, lähes yhtä paljon, kun taas suunnittelun ja konsultoinnin vienti jää 13 prosenttiin. Vähiten vientiä on insinööripuu, kesto-, ja lämpöpuiden osalta. (Kuva 24).

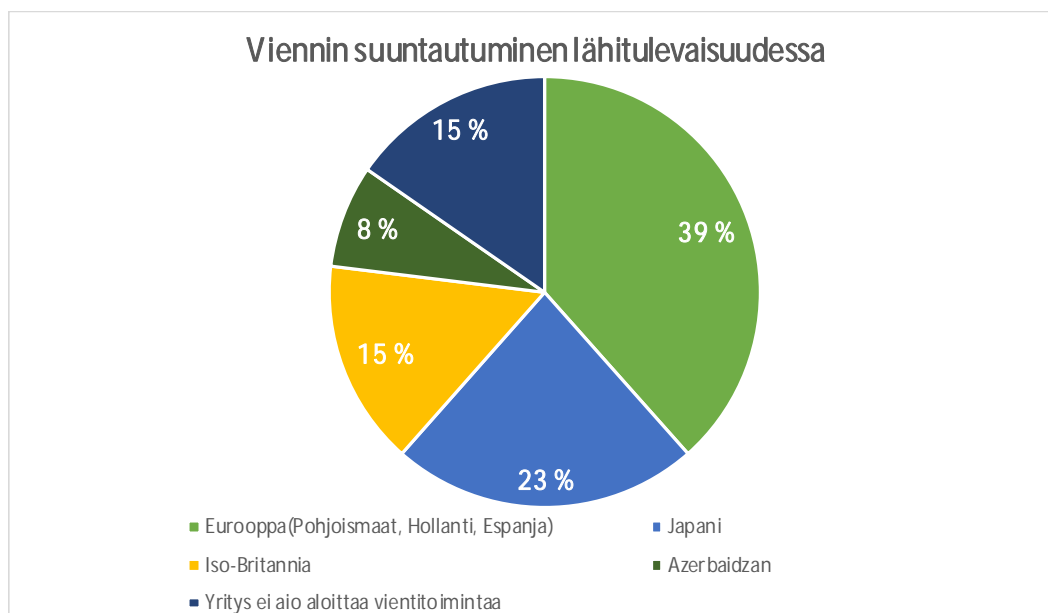


Kuva 23. Alueet, joille vienti pääasiassa keskittyy.



Kuva 24. Merkittävimmät viennin päätuotteet.

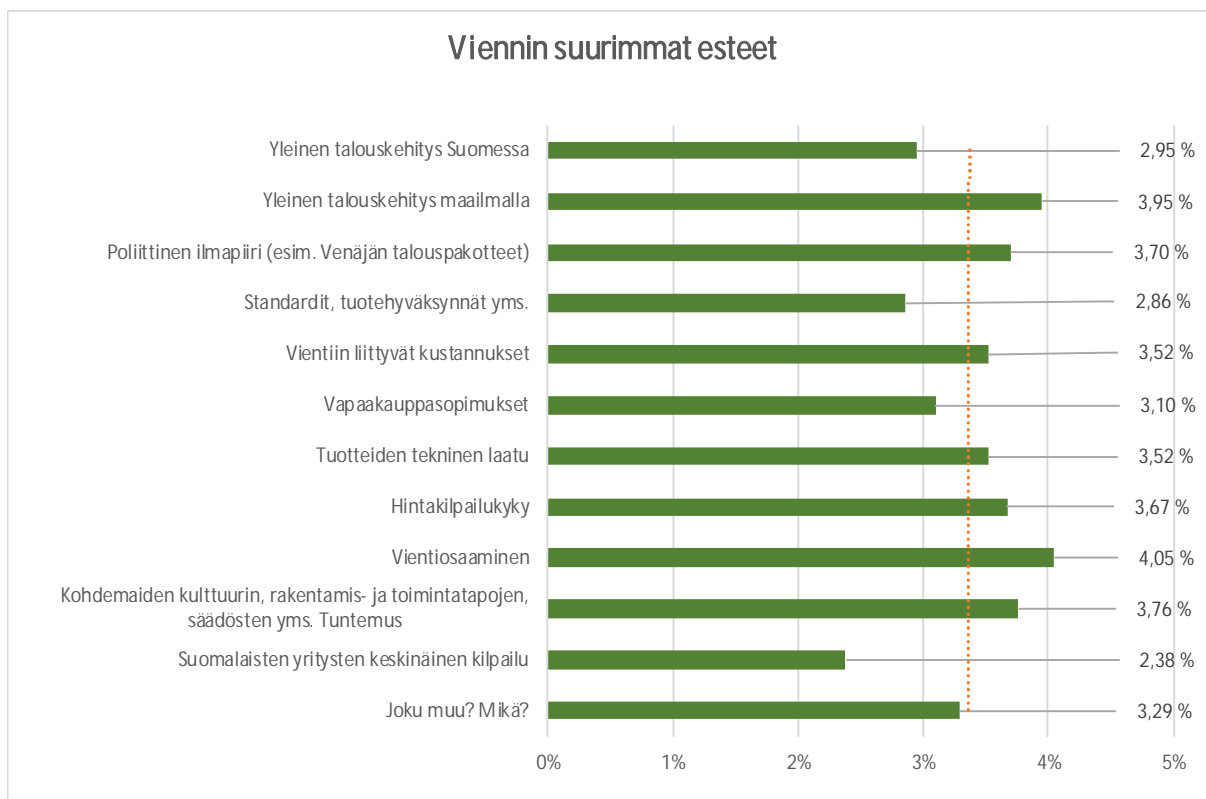
Noin 62 prosenttia vastaajista haluaa kasvattaa vientiliiketoimintaansa ja niiltä, jotka eivät halunneet, puuttui vientiin sopiva tuote. Yleisimmin vientiä suunniteltiin suunnattavan Eurooppaan kohdistuen lähinnä Pohjoismaihin ja Espanjaan. Myös Iso-Britannia ja Japani nähtiin tärkeänä vientimaana sekä Venäjä. Vientiä aiottiin suunnata yksittäisen vastaajan toimesta jopa Azerbaidzhaniin. (Kuva 25).



Kuva 25. Vastaajien tulevan viennin kohdemaita ja alueita.

Merkittävää oli huomata, että 89 prosentilta vastaajilta puuttui vientiresurssit. Suurin tarve oli osaavista myynnin, markkinoinnin ja viennin asiantuntijoista sekä ajasta. Tiedon puute kohdemaiden talouskehityksestä, poliittisesta ilmapiiristä, toimintatavoista ja kilpailijoiden tuotteista muodostavat suurimman esteen viennille. Virallisia tai peiteltäviä kaupanesteitä, kuten lainsäädäntö ja paikalliset määräykset, oli kohdannut vain 14 prosenttia vastaajista. Erikseen mainittiin mm. Binderholzin CLT-valmistuksen tulo Suomeen. Merkittävä määrä vastaajista (76

prosenttia) ei tuntenut riittävästi kilpailijamaiden toimintatapoja, tuotteita tai kilpailuvaltteja, vaikka lähes 90 prosenttia vastaajista piti niiden tuntemista erityisen tärkeänä (Kuva 26).



Kuva 26. Suurimmat vientiä rajoittavat tekijät.

Vientiä kehittäviä projekteja ei nähty kovin tehokkaina ja yli puolet vastaajista ei osannut kommentoida asiaa lainkaan. Jotkut vastaajista toivoivat projektien rakentamista heidän liiketoimintansa ympärille sen sijaan, että luodaan verkostoja, joissa he itse voisivat toimia aktiivisesti. Samanaikaisesti enemmän kuin puolet vastaajista arvostivat yhteistyön kehittämistä ja verkostoitumista yritysten välillä. Yhteistyön hyötyinä nähtiin mm. tiedon jakaminen ja vientituotteiden parempi kehitystyö.

Tärkeimmät tekniset kehitystarpeet tuotteeseen, toimialaan tai yleisesti puurakentamiseen liittyen on tällä hetkellä:

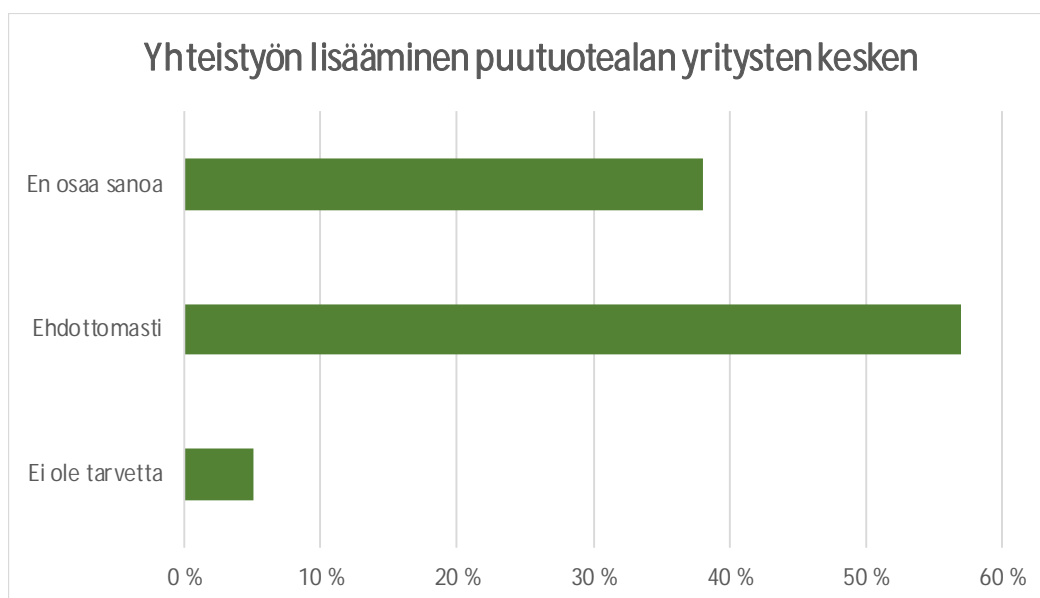
- § Toimialan vientimarkkinoita hyödyttävät innovaatiot
- § Hintakilpailukyky
- § Rakentaminen
- § Kokonaisuuden läpimenoaika
- § Suunnittelu
- § Tuotteiden ja rakenteiden yhtenäistäminen ja kehitys vientikelpoisiksi
- § Jalostusasteen nostaminen
- § Linjaston ja tuotannon automatisointi
- § Paloturvallisuus
- § Erikoistuminen
- § Markkinointi
- § Vientimaakohtaiset tuotevariaatiot
- § Kilpailua rajoittava säädöstö ja määräykset
- § Logistiikka ja menetelmäkehitys

Tärkeimmät kehitystarpeet liittyen alan osaamiseen:

- § Suomalaisten vientihenkilöiden koulutus
- § Rakentamismääräysten yhtenäistäminen tai poikkeamien tiedostaminen

- § Sahateollisuuden kiinnostavuuden nostaminen nuorten keskuudessa
- § Puurakenteisiin perehtyneiden suunnittelijoiden määrän kasvattaminen
- § Myyntiosaamisen ja käytännön kielitaidon kasvattaminen
- § Kuluttaja- ja B2B asiakkaan tarpeiden ymmärtäminen
- § Koneellisen valmistuksen koulutuksen kehittäminen esim. hirsialalla
- § Automaatio ja robotiikan osaamisen lisääminen
- § Laatuajattelun ymmärtämisen kehittäminen
- § Markkinatiedon kasvattaminen

Suomen huono taloustilanne on lisännyt kilpailua ja vaikeuttanut yhteistyötä (Kuva 27) ja todellista verkottumista. Vastaajat kokivat, että vientimyyntiosaamisen- ja osaajien kouluttaminen, byrokratian vähentäminen vientirahoituksessa, yhteistyöverkoston kehittäminen pienille yrityksille ja ammattimaisen kontaktin luominen kohdemaassa on hyvä pohja vientiliiketoiminnalle.



Kuva 27. Eri puutuotealojen, suunnittelun, talotekniikan ym. yritysten yhteistyön lisäämisen tarve pidemmälle jalostettujen kokonaisuuksien viennin edistämiseksi.

Yritysten välisen kilpailun koettiin yleisesti vaikeuttavan yhteistyötä merkittävästi mm. seuraavista syistä

- § Yhteistyö on hankalaa kilpailijoiden kesken
- § Isommat yritykset vievät kaupat
- § Reilua yhteistyötä ei haluta tehdä johtuen huonon taloustilanteen aiheuttamasta kärjistymästä
- § Pelätään, että toinen hyötyy enemmän

Yritysten välisen kilpailun uskottiin johtavan hintojen laskuun. Osa vastaajista oli sitä mieltä, että kilpailua pitää ehdottomasti olla ja että se parantaa kaikkien tekemistä ja luo aitoa yhteistyötä. Markkinoiden jakaminen toimijoiden kesken nähtiin epäterveenä ja sen uskottiin aiheuttavan tuotteiden huonoa laatua, turhia palavereita sekä kähmintää. Saman alan yritysten välisen kilpailun nähtiin edistävän kehitystä, kun taas valtion säätelemä kilpailu alojen välillä rajoittaa sitä.

Vastaajat toivoivat, että alan vientiedellytyksiä voisi parantaa esimerkiksi byrokratian purkamisella vientitoimitusten rahoitukselta. Vientimyyjien kouluttaminen, kumppani- ja yhteistyöverkostoitumisen kehittäminen ja myyntiosaamiseen panostaminen koettiin myös vientiä parantaviksi tekijöiksi.

## Tuet



Kohdistettuja julkisia tukitoimenpiteitä puutuotteiden viennin kehittämiseen (esim. pk-yrityksille) toivoi 67 prosenttia vastaajista, kun täysin tarpeettomina nämä näki 14 prosenttia vastaajista. Tukea kaivattiin pienyritysten viennin käynnistämiseen sekä vientimyynnin koulutukseen jopa ihan ”kädestä pitäen”. Ehdotuksena tuli myös tukien kohdistaminen yritys- ja projektiakohtaisesti.

Selvän enemmistön mielestä yksityisiä rahoitusinstrumentteja, kuten pankit ja pääomasijoittajat, ei ole tarpeeksi käytettävissä. Yksityisten rahoitusmenetelmien kehittäminen yhdessä tai erikseen valtion tukitoimenpiteiden kanssa sai yli 60 prosentin kannatuksen.

Yleisesti on paljon puhetta puutuoteviennistä ja viennin kehittämisestä. Kyselyssä nousi kuitenkin vahvasti esiin tarve kehittää ja edistää puurakentamista ensin kotimaassa ja panostaa puutuotteiden jatkojalostamiseen ja sitten vasta jatkaa viennin kehittämiseen.

### **Puun tuotteistaminen**

Suomessa puun tuotteistamiseen voitaisiin panostaa enemmän luomalla erilaisia välineitä, jotka lisäisivät tietoutta puurakentamisesta ja saisivat ihmiset kiinnostumaan puusta ja sen ominaisuuksista. Useat ulkomaalaiset puurakentamisen esimerkit puolesta puhuvat puun hyvistä ominaisuuksista, mutta Suomessa puusta rakentaminen on jäänyt vielä vähäiseksi. Meillä puuta käytetään julkisessa rakentamisessa ulkomaihin verrattuna vähemmän. Viime vuosina kehitystä on kuitenkin tapahtunut, ja suuria julkisia rakennuksia on alettu rakentaa myös puusta. Mitä enemmän puurakentaminen näkyy julkisuudessa, sitä enemmän ihmisiä alkaa kiinnostaa se, hyvänä esimerkkinä Pudasjärven hirsirakenteinen koulu, joka on herättänyt kiinnostusta ympäri maapallon.

Puurakentaminen ja puukerrostalorakentaminen hakevat näkyvyyttä referenssikohteiden avulla. Näyttäviä referenssikohteita alkaa Suomessakin jo olla useita. Yksi esimerkki on CLT-elementeistä rakennettu Tuupalan uusi koulu ja päiväkotikoulu Kuhmossa. Rakennus palkittiin vuoden 2017 parhaana rakennustekona Pohjois-Suomessa. Puuinfon myöntämän vuoden 2017 puupalkinnon sai Pihtiputaalla sijaitseva Niemenharjun matkailukeskus.

Erilaisia puurakentamisen edistämishankkeita on vireillä lukuisia. Yksi näistä hankkeista on ”Teollisen puuelementtirakentamisen tuotteistaminen” (TEPUTU) -hanke. Hankkeen tarkoituksena oli luoda yhtenäinen ja avoin rakentamisjärjestelmä puuelementtirakentamiseen. Yrityskohtaisten puurakentamisen sovellusten ja liiketoimintamallien kehittämisen tavoitteena on synnyttää Suomeen pitkällä aikavälillä kilpailukykyinen puurakennusteollisuus.

TEPUTU-hankkeen selvityksen mukaisesti puurakentamisen nopeimmin kasvavina liiketoiminta-alueina pidettiin seuraavia:

- § arktisen rakentamisen vientimarkkinat
- § teollisen uudisrakentamisen markkinat
- § täydennysrakentamisen markkinat
- § ylläpitopalvelujen markkinat
- § näkyvien rakenteiden (sisäpinnat, julkisivuratkaisut) markkinat
- § korjausrakentaminen.

Kasvualueiden markkinoiden valloittamiseksi tulisi kehittää elementtejä ja elementtirakentamisen prosesseja, yhdistelmäateriaaleja ja liitostekniikkaa, julkisivuratkaisuja sekä komposiitteja. Lisäksi alan terminologiaan tulisi kiinnittää huomiota sekä panostaa tieteelliseen tutkimukseen. (Haapio 2013)

## **6.2 Kohdemaiden markkinakuvaukset**

Life City -hankkeessa määritellyt pääasialliset vientikohdemaat läpi koko hankkeen olivat Japani, Saksa, Norja ja Ruotsi. Myös Venäjä oli alkuperäisessä suunnitelmassa ehdollisesti

mukana, mutta ohjausryhmän päätöksellä siitä luovuttiin jo hankkeen alkuvaiheessa. Hankkeen loppuvaiheessa listalle lisättiin vielä Kazakstan, johtuen lähinnä maailmannäyttelyn tuomasta huomiosta maailmalla. Varsinaisesta markkinaselvityksestä se jätettiin kuitenkin pois ja tehtiin vain kevyt maakatsaus.

Tarkemman tarkastelun kohteena olevista maista Saksa oli 2014 suurin sahatavaran tuottaja reilun 20 miljoonalla kuutiometrillä. Ruotsi oli vain vähän pienempi tuottaja. Suomen ja Japanin tuotanto oli sen sijaan vain 10 miljoonan kuutiometrin luokkaa.

Puutavaran kulutus on huomattavasti suurempaa pohjoismaissa Ruotsissa ja Norjassa kuin Saksassa tai Japanissa. Japanin puun kulutus per asukas on vain noin viidesosa pohjoismaiden kulutuksesta. Saksankin kulutus vain noin kolmasosa pohjoismaista. Ruotsi on pinta-alaansa nähden huomattava puutavaran viejä. Suomessa puutavaran kulutus on sen sijaan suurinta maailmassa. (Skogs Industrierna 2017)

Eri maiden paperin ja selluloosan tuotanto ja vienti eroaa huomattavasti toisistaan. Erityisesti Kiina ja Yhdysvallat ovat suuria paperin tuottajia. Selluloosan tuotannossa Yhdysvallat on suurin. Maailmanlaajuisesti tarkasteltuna suurimmat puutavaran tuottajat ovat West Fraser ja Canfor. Muita suuria ovat Weyerhaeuser ja Stora Enso Timber. (Skogs Industrierna 2017)

Puurakentaminen erityisesti CLT-rakentamisen muodossa on yleistymässä maailmalla. On ennustettu, että CLT:n tuotanto tulee tuplaantumaan vuoteen 2020 mennessä Euroopassa. Tuotanto on nyt 670 000 m<sup>3</sup> ja sen odotetaan kasvavan noin 1,2 miljoonaan m<sup>3</sup>:seen. Yli puolet CLT-tuotannosta Euroopassa sijaitsee Itävallassa. (Timber-online 2017)

#### 6.2.1 Ruotsi

Ruotsin väkiluku on noin 10 miljoonaa asukasta ja väestötiheys melko pieni. Metsäalaa on pinta-alasta yli puolet ja Ruotsi onkin suuri paperinviejä kokoonsa nähden. Suurin osa BKT:stä muodostuu palveluista eli 73 %. Vain 1 % tulee maataloudesta. (Worldbank 2017)

Ruotsi on metsäalaansa nähden suuri selluloosan tuottaja ja viejä. Ruotsi myös vie paljon paperia ja tuottaa paljon puutuotteita erityisesti vientiin. Ruotsin metsien omistus jakautuu seuraavasti: puolet metsistä omistaa yksityiset omistajat ja neljäsosan yksityiset yritykset. Valtionyrietykset omistavat myös merkittävän osuuden. (Skogs Industrierna 2017)

Ruotsissa paperin kulutus on suunnilleen samalla tasolla kuin 1990. Tuontipaperin osuus on kuitenkin kasvanut huomattavasti. Sahapuun kulutus Ruotsissa on myös pysynyt suunnilleen samalla tasolla viime vuosina. (Skogs Industrierna 2017)

Suurimmat puutavaran tuottajat Ruotsissa ovat SCA, Södra ja Setra. Näistä pienempiä ovat Vida ja Moelven, joita seuraavat vielä pienemmät tuottajat. Ylivoimaisesti suurin osa Ruotsin puutuotteiden tuotannosta tulee havupuisesta sahapuusta (lähes 18 miljoonaa kuutiota). Lastulevyn tuotantoa on jonkin verran, mutta ei-havupuisen sahapuun, viilun ja vanerin tuotanto on hyvin vähäistä. OSB-levyä, kovalevyä, MDF/HDF-levyä ja kuitulevyä ei tuoteta lainkaan. (Skogs Industrierna 2017)

Ruotsin puutuotteiden tuonti on pienempimuotoista. Suurin osa siitä koostuu havupuisesta sahapuusta, lastulevystä ja OSB-levystä. ja MDF/HDF-levystä. Muita laatuja tuodaan vähemmän. Erityisesti viilun tuonti on hyvin vähäistä. Puutuotteiden vienti Ruotsissa koostuu suurimmaksi osaksi tuotetun havupuisen sahapuun viennistä. Sitä viedään lähes 13 miljoonaa kuutiota. Muitakin puutuotteita viedään mutta vain pieniä määriä. Lastulevyä, OSB-levyä ja MDF/HDF-levyä viedään näistä eniten. (The Food and Agriculture Organization of the United Nations 2017)

Ruotsissa puun hinta on vaihdellut jonkin verran viimeisen 10 vuoden aikana. Vuonna 2017 ensimmäisellä neljänneksellä tukkipuun hinta oli männyn osalta noin 450 SEK/m<sup>3</sup> ja kuusen osalta noin 500 SEK/m<sup>3</sup>. Paperipuun hinta sen sijaan oli koivun osalta noin 300 SEK/m<sup>3</sup>, kuusen osalta noin 275 SEK/m<sup>3</sup> ja männyn hinta noin 270 SEK/m<sup>3</sup>. Puutilaukset erityisesti männyn ja kuusen osalta ovat selvästi vähentyneet Ruotsissa verrattuna 10 vuoden takaiseen tasoon. Viime vuosina määrät ovat pysyneet kuitenkin lähes samalla tasolla. Koivun tilaukset ovat pysyneet lähes samana viimeiset 10 vuotta. (Luonnonvarakeskus 2017)

Ruotsiin ollaan suunnittelemassa korkeita hirsipuorakennuksia. Kaksi rakennusta on tarkoitus valmistua Tukholmaan 2018. Toinen niistä on 13-kerroksinen Cederhuset ja toinen 22-kerroksinen Hallonbergen. (Landel, P. 2015)

### 6.2.2 Norja

Norjan väkiluku on reilut 5 miljoonaa asukasta ja väestötiheys on melko pieni. Metsäalaa on vajaa kolmasosa maan pinta-alasta, mikä on huomattavasti vähemmän suhteessa kuin Ruotsissa. Norjan BKT:sta koostuu kaksi kolmasosaa palveluista ja kolmasosa teollisuudesta. Vain 2 prosenttia tulee maataloudesta. Ylivoimaisesti merkittävin vientituote on polttoaineet ja öljy, jotka muodostavat yli puolet viennistä. (Worldbank 2017)

Norjan puutuotteiden tuotanto koostuu pääasiassa puutavarasta, joka valmistetaan havupuista (noin 2,5 miljoonaa kuutiota). Tämä on vain pieni osa siitä mitä esim. Ruotsissa tuotetaan. Myös erilaisia levytuotteita erityisesti lastulevy, OSB-levy ja kuitulevytuotteita valmistetaan jonkin verran. (Food and Agriculture Organization of the United Nations 2017)

Norjan puutuotteiden tuonti suurimmalta oli havupuista sahapuuta vuonna 2016. Muitakin laatuja tuotiin hieman erityisesti vaneria, lastulevyä, OSB-levyä ja MDF/HDF-levyä. Kokonaisuudessaan vienti on melko pientä määrältään. Puutuotteiden vienti on myös pienimuotoista. Vientituotteista suurin osa oli havupuista sahapuuta ja hieman myös lastulevyä. Muiden laatuojen vienti oli vähäisempää. (Food and Agriculture Organization of the United Nations 2017)

Puun hinta Norjassa on keskimäärin 340 NOK / m<sup>3</sup>. (Statistics Norway 2017). Eri puulajien hinnat vaihtelevat hiukan. Tukkipuun osalta mänty ja kuusi ovat kalleimmat ja lehtipuu huomattavasti halvempaa. Tukkipuuna myytävän lehtipuun hinta on laskenut merkittävästi viimeisen kymmenen vuoden aikana. Muiden laatuojen hinta on laskenut vain hieman. Paperipuun osalta hinta on lähes sama eri puulajeille noin 200 NOK/m<sup>3</sup> luokkaa. Puutoimitukset Norjassa koostuvat suurimmalta osin kuusipuusta ja jonkin verran mäntypuusta. Lehtipuutoimitukset ovat vähäisempiä. Tukkipuutilaukset kuusipuun osalta ovat viime vuosina lisääntyneet. (Luonnonvarakeskus 2017). Norjaan on rakennettu maailman suurin CLT-rakennus 2015. Se on 52,8 m korkea ja siinä on 14 kerrosta. Se on rakennettu liimapuusta, jota on käytetty kantavissa rakenteissa ja CLT:stä. (Abrahamsen 2014).

### 6.2.3 Saksa

Saksan väkiluku on yli 82 miljoonaa ja väestötiheys huomattavasti suurempi kuin pohjoismaissa. Noin kolmasosa alasta on metsää eli suhteessa saman verran kuin Norjassa. BKT:stä kaksi kolmasosaa muodostuu palveluista ja kolmasosa teollisuudesta. Yksi prosentti koostuu maataloudesta. Tärkein vientituote on erilaiset ajoneuvot. (Worldbank 2017)

Saksan pyöreän puun tuotanto vuonna 2014 oli 55 613 000 m<sup>3</sup> ja sahatavaran tuotanto oli 21 772 000 m<sup>3</sup>. Saksa on myös EU:n suurin sahatavaran tuottaja. Saksan pehmeän puun kulutus onkin pysynyt viime vuosina 2011-2015 noin 19 miljoonan kuutiometrin luokassa. (Rupert 2015)

Suurin osa Saksan puutuotannosta on havupuista sahapuuta (noin 21,1 miljoonaa kuutiota). Myös lastulevyä tuotetaan huomattava määrä. Muita laatuja tuotetaan vähemmän, erityisesti viilun ja vanerin tuotanto on vähäistä. Saksan puutuotteiden tuonti on suurimmaksi osaksi havupuista sahapuuta (noin 4,6 miljoonaa kuutiota). Mutta suuri määrä tuodaan myös lastulevyä ja vaneria. Muita laatuja tuodaan vähemmän. Suurin osa viennistä koostuu myös havupuista sahapuusta (noin 7 miljoonaa kuutiota). Myös lastulevyä, kovalevyä ja MDF/HDF-levyä viedään melko paljon. Muiden laatuojen vienti oli vähäistä. (Food and Agriculture Organization of the United Nations 2017)

Saksan puutavaran vienti muodosti kokonaisuudessaan 5 % koko maailman viennistä ja tuonti 4 % koko maailman tuonnista vuonna 2015. Saksan hirsipuun ja tasotuotteiden vienti kasvoi ensimmäisellä neljännekselle 2017 3 % ja oli 1,66 miljoonaa kuutiota. (Timber-online 2017) Eri puulaatuojen hinta Saksassa on pysynyt melko tasaisena viime vuosina. Ainoa notkahdus tapahtui taantuman 2008-2009 aikaan erityisesti selluloosan hinnassa. Viime vuosina erityisesti paperipuun hinta on ollut laskussa. (Unece 2017)

#### 6.2.4 Japani

Japanissa on väestöä peräti 127 miljoonaa ja väestön tiheys on todella suuri, vielä huomattavasti suurempi kuin Saksallakin. Pinta-alasta on metsäalaa huomattavasti yli puolet. BKT:sta koostuu kaksi kolmasosaa palveluista ja yksi kolmasosa teollisuudesta. Vain yksi prosentti tulee maataloudesta. Japanin tärkein tuontituote on polttoaineet ja öljy. (Worldbank 2017)

Rakennussektori on yksi tärkeimmistä sektoreista Japanissa ja se kattaa 10 % maan bruttokansantuotteesta ja kaikista työllisistä ihmisistä. Vuonna 2013 rakennusinvestoinnit käsittivät 48,7 biljoonaa jeniä, joka on 10,2 % viime vuotista korkeampi. Vuoden 2014 määrä on lähes sama kuin 2013 muuten määrä on ollut pienessä nousussa edellisinä vuosina. Rakennussektoria säädellään rakennusbisnesasetuksella (Kensetsugyoho), joka määrittää pää- ja sivu-urakointitoiminnan. Rakennustyö on jaettu 28 kategoriaan, jotka vaativat erillisen lisenssi. (Finpro 2017)

Japanin pääurakoitsijat yleensä teettävät työt alihankintana pienillä spesialisteilla ja aliurakoitsijoilla, kun sopimukset on tehty. Pääurakoitsijat valvovat työn suunnittelua, laatua, aikataulua, kustannuksia ja koordinoivia asiakkaiden ja omistajien kanssa. Pääurakoitsijat ovat vastuuvuollosia rakenteiden ja vesieristämisen laadusta vuosikymmenen ajan ja vakuutusten hankkimisesta tälle ajalle. (Finpro 2017)

Rakennussektorin päätoimijat Japanissa ovat rakennusyrietykset, jotka toimivat pääurakoitsijoina. Toimijat jaetaan neljään luokkaan kokonsa mukaan: jätti, suuri, keskikoko ja pieni. Keskimääräinen vuotuinen liikevaihto viiden suurimman urakoitsijan osalta ylittävät 1000 miljardia jeniä. (7 miljardia euroa) Suunnilleen 80% niiden liikevaihdosta syntyy rakentamisesta ja loput yhteiskuntatekniikasta. (Finpro 2017)

Suurten urakoitsijoiden kategoriaan kuuluu 15 yritystä, joiden vuotuinen myynti on 200 ja 600 miljardin jenin välissä. (1,4-4 miljardia euroa) Jättikokoisilla ja suuren luokan urakoitsijoilla on tiettyjä eroja. Jättikokoiset urakoitsijat tekevät vähemmän yhteiskuntatekniikkaa ja niiden liikevaihto syntyy enimmäkseen toimistotalojen, sairaaloiden, tehtaiden ym. rakentamisesta. Japanin suurimmat vientiurakoitsijat on esitetty. (Finpro 2017)

Rakennusstandardilaki (BSL) ja siihen liittyvät dokumentit määrittävät vaatimukset puun laadulle, suojaukselle, vähimmäisdimensioille ja rakennusominaisuuksille. Paloturvallisuus taataan erilaisilla toimenpiteillä kuten erityispäälyste ulkoseinille tai kipsilevyn käyttö huoneen jakamisessa. Japanin maataloudelliset standardit (JAS) määrittävät myös puun laadun ja sen

tarkkailun. Yhteensopivuus standardien suhteen varmistetaan testauksella ja sertifiikaateille. Testaus täytyy suorittaa Norjassa NTI laboratoriossa tai Japanissa. EU:ssa ei ole rekisteröityä ulkomaista sertifiointin tekijää. Japanilaiset yritykset yleensä priorisoivat japanilaisia puutuotteita mutta ostavat myös puutuotteita ulkomailta. Tällöin he keskittyvät hintaan ja ostavat materiaaleja Etelä-Aasiasta. Toisaalta myös Japanin ja Kanadan välillä on yhteistyötä puutuotteiden osalta. (EU-Japan Centre for Industrial Corporation 2015)

EU-toimijoiden pitäisi keskittyä tuotteisiin, joiden suhteen heillä on etu kuten rakenteellinen puu, eristystuotteet uusille rakenteille. Heidän pitäisi ottaa myös huomioon Japanin markkinoiden heikompi tieteellinen tai kypsyydellinen taso. Japanin rakennusmateriaaleja kauppaavat yritykset ovat myös kiinnostuneita eurooppalaisista tuotteista mutta usein he törmäävät kielimuuriin eivätkä löydä tietoa omalla kielellään. (EU-Japan Centre for Industrial Corporation 2015)

Japanin hallitus haluaa kehittää puurakentamista ja edistää paikallisen puun käyttöä, mutta tällä hetkellä sillä on puutetta laadukkaasta materiaalista. Tämän takia CLT-tuotantoa ja -rakentamista on testattu ja kehitetty eteenpäin nopealla aikataululla. Eurooppalaisilla puutuotteilla voi olla merkittävä potentiaali tällä sektorilla Euroopan vetoavan imagon ansiosta. Tekninen yhteistyö paikallisten yritysten kanssa on todella suuri etu. Suoraa insinööripuutuotteiden tuontia Japaniin rajoittavat kuitenkin erittäin tiukat tuote- ja laatustandardivaatimukset. Myös poliittinen ilmapiiri suosii paikallisia rakennustuotteita ja toimijoita.

Japani tuo mitä se ei itse valmista. Jos tietylle tuotteelle on kysyntää markkinat ovat vapaita sekä japanilaisille että ulkomaisille yrityksille, jotka tarjoavat laadukkaita tuotteita. Japanissa jälkimyynti on tärkeää. Valmistajat voivat haluta olla yhteyksissä tuotteestaan jopa vuosikymmenen myynnin jälkeen. (EU-Japan Centre for Industrial Corporation 2015)

Japanin puutuotteiden tuotanto vuonna 2016 muodostui suurimmaksi osaksi havupuudesta sahapuusta (8,6 miljoonaa m<sup>3</sup>) mutta huomattava määrä tuotetaan myös vaneria. Eihavupuista sahapuuta ja lastulevyä tuotetaan myös jonkin verran. Muita laatuja tuotetaan vähemmän. (Food and Agriculture Organization of the United Nations 2017)

Vienti EU:sta Japaniin on pysynyt suunnilleen samalla tasolla vuodesta 2000. 95 % viedyistä tuotteista koostuvat sahapuusta, lastulevystä ja puusepäntuotteista. Sahapuun tärkeimmät viejämaat ovat Suomi, Ruotsi ja Itävalta. Myös Itä-Euroopan maiden kuten Romanian, Latvian ja Tšekkoslovakian vienti on kasvanut viime aikoina. (EU-Japan Centre for Industrial Corporation 2015)

Puusepäntuotteissa pääasialliset viejämaat ovat samat kuin sahapuussakin. Mutta myös muut Itä-Euroopan maat kuten Viro ja Romania ovat lisänneet vientiä. Lastulevyn suhteen pääviejämaat EU:ssa ovat Itävalta, Belgia ja Saksa. Myös Puola ja Romania ovat lisänneet vientiään. (EU-Japan Centre for Industrial Corporation 2015)

Japani on merkityksellinen puuntuojaja ja huolimatta veroista merkittävä potentiaali on jäljellä eurooppalaisten puutuotteiden viennissä Japaniin. EU-tuotteet kohtaavat kilpailua erityisesti Kanadasta ja USA:sta, vaikka ovatkin kilpailukykyisiä. Puutuotteiden tuontia ja vientiä tarkastellaan kokonaisuudessaan Japanin osalta seuraavissa kuvissa. Havupuista sahapuuta tuodaan eniten eli 5,8 miljoonaa kuutiota. Vaneria tuodaan myös paljon eli noin puolet tästä. Muita laatuja tuodaan vähemmän. (Food and Agriculture Organization of the United Nations 2017)

Japanin vientimäärät ovat puutuotteiden osalta hyvin pieniä verrattuna tuotantoon ja tuontiin. Havupuista sahapuuta viedään eniten, vaikka senkin määrä on hyvin pieni. Muiden määrät ovat vielä pienempiä.



Japanissa Douglaskuusen hinta on vuonna 2017 alkupuoliskolla ollut selkeässä nousussa ja saavuttanut noin 37 000 yeniä/m<sup>3</sup> arvon. Muiden puulajien hinnat ovat pysyneet samalla tasolla eli noin 12 000 - 24 000 yeniä/m<sup>3</sup>. Puutuotteiden hinnat ovat myös olleet hyvin tasaisia. Syypessilaadut ovat selvästi kalliimpia kuin setripuulaadut. (Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries 2017)

Japanin ensimmäinen CLT-rakennus valmistui 2014. Rakennuksessa on 266 neliötä ja siinä ei ole palkkeja tai pilareita. Rakennuksessa on 6 asuntoa ja sen korkeus on 9,15 m. Rakentamiseen käytettiin 120 m<sup>3</sup> CLT-hirsiä. (Canada Wood 2014). Kahdeksan muuta CLT-rakennusta on tarkoitus valmistua 2015. CLT:n käyttöön on tehty suunnitelma. Sen mukaan 6 % keskipituisista rakennuksista vuonna 2024 tulisi olla CLT-rakennuksia. (Sasatani, D)

EU ja Japani ovat päässeet sopuun alueiden välisestä vapaakaupasta 5.7.2017. Tekniset neuvottelut jatkuvat siitä eteenpäin kuitenkin pari vuotta. (YLE 2017)

### 6.3 Vientiverkostojen kehittäminen

Suomen metsissä on tällä hetkellä puuta lähes 2,5 miljardia kuutiometriä. Metsien kasvuvauhti on jatkunut kovana. Uusien laskelmien mukaan metsät kasvavat vuodessa 110 miljoonaa kuutiometriä. Kymmenessä vuodessa kasvu on lisääntynyt noin 10 miljoonalla kuutiometrillä.

## 7. Johtopäätökset ja pohdinta

---

Life City -hankkeen päätavoitteena oli tutkia, kehittää ja edistää käytännöllisin keinoin kestävästä kaupunkisuunnittelusta perustuen moderneihin energiatehokkaisiin puurakennuksiin sekä hajautettuihin energiajärjestelmiin, joihin uudistuvat energianlähteet ja älykkäät verkostot integroituvat.

Hankkeen tuloksena kehitettiin puutalokorttelin tai -alueen kokonaisvaltainen toimintamalli sisältäen puutalomalliston ja -korttelin/-alueen teknisen ja tuotannollisen vientikonseptin sekä soveltuvat design-, visualisointi- ja suunnittelutekniikat. Tuloksena syntyi lisäksi arvoverkolle yhteinen liiketoimintamalli ja -ekosysteemikuvaus. Hanke toteutettiin yhteistyössä Oulun yliopiston (CEE) ja alan suomalaisten yritysten kanssa.

Muita tavoitteita on yhteistyössä olevien SME yritysten vientiliiketoimintatiedon ja teknisten edellytysten lisääminen pääasiassa Pohjois-Suomessa. Projekti tähtää yhteistyössä yritysten kanssa oppimaan ja kehittämään uutta suunnittelua, tuotantoa ja rakennustapoja, joiden avulla on mahdollista parantaa kustannustehokkuutta, ympäristövaikutuksia, energiataloutta, mikroilmastoa ja muita puurakennusten asumismukavuustekijöitä eri ilmastoalueilla ilmastomuutokset huomioiden. Näihin tapoihin kuuluu 3D rakennusmallinnus (BIM) tehokkaammin integroituna tuotannon automatisointiin (CAD-CAM) ja kokonaisvaltaisen tuotannonohjausprosessin kehittäminen ” metsistä kaupunkieihin”.

Projektissa pyritään luomaan rakennetun ympäristön CO<sub>2</sub> neutraalin konseptin, joka koostuu moderneista puurakennuksista älykkäissä kestävässä kehityksen ympäristöissä. Life City on vientikonsepti, joka adaptoituu paikallisiin ilmasto-olosuhteisiin, mutta teknisten asioiden lisäksi ottaa huomioon myös eri alueiden sosiaaliset tarpeet. Siihen kuuluu sekä julkiset palvelut (päiväkodit, koulut, terveyskeskukset) että asuinrakennukset (kerrostalot, omakotitalot). Life City konseptina perustuu kestäväseen rakentamiseen ja yhteisöihin sekä ekologisesti suunniteltuihin kaupunkeihin älykkäine toimintoineen.

Projektin tavoite on luoda kokonaisvaltainen ratkaisu kestäväälle ja älykkäälle rakennetulle ympäristölle. Life City konsepti ei ole nopea ratkaisu yksittäisille rakennuksille, vaan kokonaisvaltainen kehittämistapa alueille, kortteleille, naapurustolle ja kokonaisille

kaupungeille. Laajuus, keinot ja käyttö on kustomoitu konseptissa, joka sopeutuu paikallisiin olosuhteisiin eri maissa perustuen:

- § Energia- ja ympäristötehokkuuteen
- § Elinkaarimenettelyyn (juoksevat kulut elinkaaren aikana, esim. 30 vuotta)
- § Rakennusten hajautettuun sekamuotoenergiaratkaisuun
- § Asiakkaan tarpeiden mukaisesti turvallisuus- ja turvaratkaisuihin
- § Kestäviin materiaaleihin (puu-/monimateriaalirakentaminen)

Konsepti perustuu energia- ja ekotehokkaisiin elinkaariratkaisuihin, joihin kuuluvat myös hajautetut energiaratkaisut. Se on uusi kaupunkirakenne, joka on ekologinen, edullinen, älykäs ja joustava äärimmäisissä olosuhteissa. "Life City", perustuu moduulisiin ristilaminoituihin puurakenteisiin muodostaen ainutlaatuisen rakennusjärjestelmän vihreämmille ja älykkäimmille kaupungeille. Se on valmis vieniin, minne vain maailmassa, erityisesti paikkoihin, jotka ovat hurrikaanien, maanjäristysten ja tsunamien tuhoamia. Kansainvälinen kriisiapu helpottaa alueiden tilannetta, mutta siellä on myös epätoivoinen tarve kestäville ratkaisuille, jotka selviävät ääritilanteista.

Life City konsepti tähtää yhdistämään VTT:n eri teknologia-alueita bioteknologiasta ja kiertotaloudesta älykkäisiin energijärjestelmiin. Konseptiin kuuluu alueet, joilla on enemmän kuin yksi rakennus (esim. koulu, senioritalo, päiväkotit ym.) yhteisön tarpeiden mukaan.

Ratkaisuissa on mukana suunnittelu ja vaihtoehtoisia ehdotuksia materiaaleista ja energijärjestelmistä, suorituksen monitoroinneista ja liikennejärjestelyistä. Ratkaisut perustuvat paikallisiin tarpeisiin. Projektin aikana valittujen alueiden (kaupungit, jotka ovat hyväksyneet suunnitelman) toimintatapaa kehitetään ja samalla aloitetaan verkostoituminen ja neuvottelut viranomaisten, sijoittajien ja yritysten kanssa. Tavoite on saada mukaan japanilaisia yhteisöjä ja yrityksiä, jotka näkevät tämän kaltaisen ratkaisun todentamisen hyödyt. Seuraava askel on toteuttaa oikea alue/kortteli, missä osallistuvien suomalaisten yritysten tuotteita käytetään yhdessä japanilaisten tuotteiden kanssa ja yhteistyössä japanilaisten osakkaiden kanssa.

Tutkimus osoittaa, ettei puuteollisuus Suomessa ole vielä valmis viennin kokonaisvaltaiseen konseptiin tässä mittakaavassa vaan tarvitsee enemmän tuotekehitystä ja asiantuntemusta ja ennen kaikkea vientiresursseja. Suomalaista yhteistyötä pitää kehittää ja koko liiketoiminta tarvitsee suuntaa ennen kuin vieniin panostaminen on järkevää.

Puuelementtirakentamisen hyödyt:

Puuelementtinen runkoratkaisu on nopea pystyttää (ei kuivumisaikoja)

- § säästää työvoimakustannuksissa työmaalla
- § rakennusliike pääsee tekemään seuraavaa kohdetta nopeammin
- § nopea rakennusaika nopeuttaa rakennuksen käyttöönottoa, jolloin investointi saadaan tuottamaan nopeammin

Puuelementit ovat mittatarkkoja ja puuelementit "taipuvat" moneksi

- § rakennuksen ilmatiiveys on luonnostaan hyvä ja täten myös rakennuksen energiatehokkuus on hyvä
- § ilmatiiviyden ja energiatehokkuuden eteen ei tarvitse tehdä erityisratkaisuja työmaalla
- § tarkat arkkitehdin suunnittelemat detaljit on mahdollista toteuttaa puuelementtirakenteissa, elementtien mittatarkkuuden ja valmistustavan takia, koska yksityiskohtia ei tarvitse toteuttaa työmaalla, säästää tämä aikaa ja rahaa työmaalla

Puuelementit ovat kevyitä, joten

- § kuljetus ja käsittely helpompaa ja edullisempaa (ei tarvetta erityisnostureille, kuljetuskalustolle).
- § puuelementit toimivin vaihtoehto painorajoitetuilla alueilla (vanhat kaupunginosat, jne.).

Puuelementtirakennukset ovat paloturvallisempia kuin mitä ajatellaan.

- § Kaikki julkiset, julkisessa käytössä olevat yksityiset sekä monikerrokset puuelementtirakennukset sprinklataan, joka takaa paremman turvallisuuden sprinklaamattomiin rakennuksiin verrattuna.
- § Palotilanteessa massiivipuu ei sorru vaan hiiltyy ja hiiltynyt kerros suojaa puun ydintä.

Puuelementtien valmistus tehdasympäristössä takaa turvalliset ja kuivat rakenteet.

- § Hyvän rakentamisen laadun tekeminen ja kontrollointi helpompaa tehdasolosuhteissa kuin taivasalla.
- § Kun elementit suojataan asennusvaiheessa, eivät rakenteet kastu missään vaiheessa, mikä vähentää suojauskustannuksia ja vähentää kokonaisuudessaan rakennusvirheitä.

Mikäli on tarvetta muutoksiin rakentamisen loppuvaiheessa esim. läpivientien osalta, muutokset puuelementteihin työmaalla helpompaa ja edullisempaa ilman erityistyökaluja.

Puuelementtirakentamisessa raaka-aineiden käyttö ja jätteiden kierrätys tehostuvat

- § Valmistukseen käytettävien raaka-aineiden ja materiaalien määrä pystytään optimoimaan mittatarkkojen elementtien mukaan.
- § Kustannussäästöä rakentajalle, koska työmaajätteiden määrä vähenee.
- § Jätteet/ylijäävät materiaalit jäävät elementtitehtaalte, josta ne kierrätetään oikein tai hyödynnetään seuraavassa elementissä

Puuelementtirakennuksissa on tunnetusti hyvä akustiikka varsinkin, jos puuta käytetään sisäpinnoissa. Vuosien päästä mahdollinen rakennuksen käyttötarkoituksen muutos on puuelementtirakenteelle helpompi verrattuna moneen muuhun rakennusmateriaaliin verrattuna. Puu on ainut 100 % uusiutuva ja täysin kierrätettävä rakennusmateriaali, jonka käyttö vähentää ilmastomuutosta.

Missä ollaan onnistuttu projektissa.

- § Tavoitteiden asettaminen hankkeen alussa oli optimistinen ja tavoitteita asetettiin mahdollisesti liian paljon ymmärtämättä mitään mistään.
- § Hanke olisi pitänyt jakaa useampiin osaprojekteihin.
- § LifeCity konsepti on laaja konsepti (eikä uusi konsepti), yritettiin haukata liian suuri pala kerralla. Lähdettiin tarkastelemaan kaikkea, vaikka olisi pitänyt keskittyä spesifimpään osa-alueeseen kerrallaan.
- § Monia osa-alueita jäi toisaalta käsittelemättä loppuun ja näistä saisi jatkohankkeen
- § Isoin ongelma: lähdettiin myymään konseptia jo ennen kuin konsepti oli luotu. Olisi pitänyt luoda markkinointimateriaalit. Vasta tehty kiinnostuskartoitusta;) Ei kannata lähteä mihinkään ennen kuin on selkeät speksit mitä myydään.
- § Olisi pitänyt: aluksi koota firmat ja muodostaa konsepti, testata seuraavaksi jossain lähellä konseptia kuten pohjoismaat

## Jatkotutkimuksen aiheita

### 1) Kansainvälistymisen reitit

Teollisella puurakentamisella on merkittävä kysyntä kansainvälisesti, mutta kohdemarkkinoiden paikallisuus, suomalaisten toimijoiden pienuus ja kokemattomuus hidastavat merkittävästi kansainvälistä kasvua. Tulevaisuudessa tulisikin tutkia erilaisia verkostoimallisia vientimalleja, joissa perinteisen tuotteiden viennin sijaan tutkittaisiin osaamisen viennin keinoja. Osaamisen viennissä riskit ja tarvittavat pääomat ovat pienempiä ja kohdemarkkinoita voidaan hajauttaa paremmin.

## 2) Kaavoitus ja arvoketjun kehittäminen

Puurakentaminen on yleisesti tunnistettu yhdeksi parhaimmista keinoista parantaa rakentamisen ja yhteiskunnan ympäristötehokkuutta. Merkittävä alkuaskel kannattavassa ja kehityskelpoisessa puurakentamisessa on toimiva kaavoitus- ja tonttijärjestelmä. Pitkänäikävälillä tavoitteeksi kaikessa rakentamisessa tulee asettaa, että tontit mahdollistavat eri rakennejärjestelmien käyttämisen ja avoimen kilpailun. Nykyisellään monilla tonteilla runkosyvyydet eivät ole riittäviä kaikille puurakentamisen menetelmille. Yleisesti kaavoittamisen tulisi mahdollistaa uusien innovaatioiden hyödyntäminen vuosien päästä kaavoituspäätösten tekemisestä teknologiasta riippumatta.

## 3) Alan yhteinen rakennejärjestelmä ja markkinoiden kasvattaminen

Yksi alan yleistymisen merkittävä este on kokonaismarkkinakoon puute. Arvoketjujen kattava muodostuminen vaatii riittävän markkinakoon, tällä hetkellä esimerkiksi puukerrostaloissa markkinaosuus on noin 6%. Yksi keino madaltaa markkinoille tuloa ja helpottaa suunnittelijoiden, tilaajien ja muiden sidosryhmien päätöksentekoa on pyrkiä rakentamaan avoimempi rakennejärjestelmä toimialalle.

## 4) Hybridirakenteet

Tulevaisuudessa eri rakennejärjestelmien monimuotoisempi yhdistäminen mahdollistaa uusia materiaali- ja kustannustehokkaampia rakennusjärjestelmiä.

## 5) Uudet yhteistyöhön perustuvat sopimusmallit

Perinteiset urakkamallit ovat haastavia teollisessa rakentamisessa, jossa koko arvoketjun rakenne muuttuu perinteiseen rakentamiseen verrattuna. Uusien sopimusmallien kehitys on avainasemassa markkinoiden kasvamiselle. Allianssienkiset sopimukset lienevät uusimpia sopimuksia, mutta näiden käyttö ja periaatteet eivät ole vakioituneet alalle.

## Lähteet

---

### Kirjallisuuslähteet

Alanen, R. & Pasonen, R., 2011. Use of energy storages in Smart Grids management, VTT.

Alanko, L., 2000. Terveysten edistäminen ja sisäilmaongelmat työterveyshoitajan työssä. Diakonia-ammattikorkeakoulu. Alppikadun yksikkö.

Anttalainen & Tapaninen, 2009. Liikkumis- ja toimimiseiselle soveltuvat perusopetuksen tilat, kalusteet ja varusteet.  
[http://www.oph.fi/download/48029\\_Liikunta\\_ja\\_toimintaesteisten\\_tilat.pdf](http://www.oph.fi/download/48029_Liikunta_ja_toimintaesteisten_tilat.pdf)

Blarke, B. M., 2013. Quad-generation: Intermittency-friendly distributed generation concepts for flexible production of electricity, heating, cooling and fuels.

Caragliu, A, Del Bo, C. & Nijkamp, P, 2009. "Smart cities in Europe". Serie Research Memoranda 0048, VU University Amsterdam, Faculty of Economics, Business Administration and Econometrics. 2009.

ERGEG, 2010. Position paper on smart grids - An ERGEG Conclusions Paper. European Regulators Group on for Electricity and Gas, Brussels. & European SmartGrids Technology Platform: Strategic deployment document. Strategic Deployment Document for Europe Electricity Network of the Future.

EU-Japan Centre for Industrial Corporation, 2015. Sustainable building and construction sector in Japan and analysis for opportunities for European firms.

Finlex, 2013. Energiatodistuksen kokonaisenergiankulutuksen (e-luvun) määrittäminen.

Frost and Sullivan, 2014. Mega Trends Driving Change in Business Environments.

Gibson, R.B., 2000. Specification of sustainability-based environmental assessment decision criteria and implications for determining "significance" in environmental assessment. Ottawa:

Canadian Environmental Assessment Agency's Research and Development Program.

Haapio, A. 2013. Puurakentamisen tulevaisuuden näkymät. Haastattelututkimus. Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy. <http://www.vtt.fi/inf/pdf/technology/2013/T141.pdf>

Hakkarainen, T. et al., 2015. The role and opportunities for solar energy in Finland and Europe. VTT Technical Research Centre of Finland Ltd.

Hakola, J., 2015. Luonnonmukainen hulevesien hallinta. Viherympäristö 1/2015.

Hedman Å., Antuna Rozado C., Balbaa O., ElMahgary Y., El-Nashar A., ElShazly A., GamalEldin M., Hamza A., Jantunen J., Kamel A., Negm A., Saeed H., Salem B., Shahin M., Tawfik A., Tuominen P., Youssef W. & Yousry A., 2014. Readiness for EcoCities in Egypt. Insights into the current state of EcoCity systems, technologies and concepts. VTT Technology: 161, 2014. VTT, Espoo, 77 p. + app. 11 p. ISBN 978-951-38-8136-8 (PDF)

Häkli, P. & Vuorinen, L., 2015. Uusiutuvan energian hyödyntäminen Etelä-Savossa. Ennakoarviointi liittyen Etelä-Savon maaseudun kehittämissuunnitelmaan 2014 – 2020. Ilmastokestävän kaupungin suunnitteluopas, 2014. Hulevesiohjeistus Hollolaan ja Nastolaan. Saatavissa: <http://ilmastotyokalut.fi/>



Ilmastopaneeli, 2013. Rakennetun ympäristön hajautetut energiajärjestelmät.

Jokelainen, 2011. Ouman plus –kotiautomaatiojärjestelmän suunnittelu. Opinnäytetyö.

Kagel, A. et al., 2007. A Guide to Geothermal Energy and the Environment . Geothermal Energy Association.

Kuismanen, K. 2008. Climate-Conscious Architecture - Design and Wind Testing Method for Climates in Change. Väitöskirja, Oulun yliopisto.

Lund, H. et al., 2014. 4th Generation District Heating (4GDH): Integrating smart thermal grids into future sustainable energy systems.

Meskanen, S., diplomityö, 2008. Future School- 2000-luvun koulusuunnittelun teemoja ja typologioita.

Motiva, 2010. Selvitys hajautetusta ja paikallisesta energiantuotannosta erilaisilla asuinalueilla.

Mozas, Javier & Fernández Per, Aurora. Densidad – Nueva vivienda colectiva. Crafica Santamaria 2006.

Muilu-Mäkelä, R., Haavisto, M. & Uusitalo, J. 2014. Puumateriaalien terveysvaikutukset sisäkäytössä.

Mustonen V., Koponen J. & Spilling K., 2014 Älykäs kaupunki – Smart City Katsaus fiksuihin palveluihin ja mahdollisuuksiin. Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisu 12/2014. ISBN (verkkojulkaisu) 978-952-243-397-8  
URN <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-243-397-8>

Myllylä, Y. & J. Kaivosoja, 2013. SMARCTIC-hanke Arktisen toimintaympäristön tulevaisuusverstaas. Tausta-aineisto

Nieminen J., Lahti P., Nikkanen A., Mroueh U-M., Tukiainen T., Shemeikka J., Huovila P., Pulakka S., Guangyu C., Nan S. & Lylykangas K. 2010. Miaofeng Mountain Town EcoCity. VTT & Mentougou Science and Technology Office. 259 p.

Nissilä, M. & Sarsama J., 2013. Polttokennosovellusten ja vetytankkauksen turvallisuuden varmistaminen. VTT

Nuikkinen, K., 2005. Terveellinen ja turvallinen koulurakennus. Opetushallitus. 176s.

Nykänen, E., Häkkinen, T., Kiviniemi, M., Lahdenperä, P., Pulakka, S., Ruuska, A., Saari, M., Vares, S., Cronhjort, Y., Heikkinen, P., Tulamo, T. & Tidwell, P. Puurakentaminen Euroopassa - LeanWOOD. Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy. ISBN 978-951-38-8534-2 (URL: <http://www.vtt.fi/julkaisut>).

Nystedt Å., Sepponen M. & Virtanen M., 2012. Ekotaajaman suunnitteluperiaatteet. VTT Technology: 24. 2012. VTT, Espoo, 51 s. + liitt. 2 s. ISBN 978-951-38-3878-2 (PDF)

Oulun rakennusvalvonnan laatukortit, 2014. Energiakonseptit. Apua energiamuodon valintaan.

Paiho, S., Hoang, H., Hukkalainen, M. & Westerberg, R. 2015. Paikallista energiaa asuinalueella - Esimerkkinä Helsingin Vartiosaari. Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy. ISBN 978-951-38-8355-3 (URL: <http://www.vtt.fi/julkaisut>)

Paloheimo, E., 2008. Ecocity? What is an ecocity? Ecocities Emerging, Dec. 2008

Puuinfo, 2004. Sisäilman kosteusolojen parantaminen puurakenteilla. Sisäilmaraportti. s.63.  
<http://www.puuinfo.fi/sites/default/files/content/rakentaminen/suunnitteluohjeet/sisailman-kosteusolojen-parantaminen-puurakenteilla/sisailmaraportti.pdf>

Rajala et al., 2010. Energiatehokkuus kaavoituksessa. Skaftkärr, Porvoo.  
Kaavarunkovaiheen loppuraportti. Sitran selvityksiä, 41.

Register, R., 1987. Ecocity Berkeley: Building Cities for a Healthy Future. North Atlantic Books. ISBN 1-55643-009-4.

Register, R., 2006. Ecocities: rebuilding cities in balance with nature. Revised edition. New Society Publishers, 2006.

Resca Oulu, 2014. Aurinkolämpö Oulussa. Suunnitteluohje.

Räsänen, T., 2013. Jatkuvat toimisen monitorointitiedon hyödyntäminen. Savonia AMK.  
Vesihuollon riskien hallinta ja monitorointi -seminaari

Saarenpää, K., 2014. Hybridilämmöntuottojärjestelmä. Opinnäytetyö, OAMK.

Sitra, 2014. Kiertotalouden mahdollisuudet Suomelle.

Smart Water Networks Forum (SWAN), 2015. A Layered View of Data Technologies for The Water Distribution Network.  
[http://www.swanforum.com/uploads/5/7/4/3/5743901/\\_\\_\\_swan\\_water\\_network\\_layers.pdf](http://www.swanforum.com/uploads/5/7/4/3/5743901/___swan_water_network_layers.pdf)

Thule-instituutti, 2014. NorTech. SMARCTIC WP4 Report: Natural Resources Management and Economics - Smart Energy Grids.

Tuomaala et al., 2012. Energiatehokkuuden mittarit ja potentiaalit. Energiatekniikan laitos, Aalto yliopisto

Tuominen P., Antuña Rozado C., Hedman Å., Jantunen J., Pajula T., Abdel Monteleb A., Abd Elhafez S., Balbaa O., Dawoud W., Elboshy B., ElMahgary Y., Elkafoury A., Elshafei G., ElShazly A., GamalEldin M., Kamel A., Kamel M., Negm A., Saeed H., Samy A., Salem B., Shahin M., El-Nashar A. & Yousry A., 2015. EcoCity roadmap for Egypt. Actions for eco-efficient urban development. VTT Technology: 215, 2015. VTT, Espoo, 36 p., ISBN 978-951-38-8241-9 (2015).

Vainio T., Nissinen K., Möttönen V., Vainio S., Herrala M. & Haapasalo H., 2012. Kestävän yhdyskunnan rakentaminen liiketoiminnaksi. Espoo 2012. VTT Technology 40. 53 p. + app. 23 p.

Vartiainen et al., 2002. Hajautettu energiantuotanto. Teknologia, polttoaineet, markkinat, CO<sub>2</sub>-päästöt. Gaia Group Oy.

World Economic Forum, 2015. Global Agenda. Top Ten Urban Innovations.

Ympäristöministeriö, 2011. Suomen rakentamismääräyskokoelma. Rakennusten paloturvallisuus. Rakennusten käyttötavat. RakMK E1 2011; 8.2.4.  
[www.finlex.fi/data/normit/37126-E1\\_2011-fi.pdf](http://www.finlex.fi/data/normit/37126-E1_2011-fi.pdf)

## Internet -lähteet

Bloklok, 2017. Skanska ja Ikea. [Viitattu 20.8.2017]. Saatavissa: <http://www.boklok.fi/asuntohaku/>

Canada Wood, 2014. Japan's First CLT Building Completed. [Viitattu 13.12.2017]. Saatavissa: <http://canadawood.org/blog/japans-first-clt-building-completed/>

Crosslam, 2016. [Viitattu 22.9.2016]. Saatavissa: [www.crosslam.fi](http://www.crosslam.fi)  
Elementtisuunnittelu.fi, 2016. Yhdistelmärunkorakenteet. [Viitattu 22.9.2016]. Saatavissa: <http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/runkorakenteet/palkit/yhdistelmarunkorakenteet>

Finnlamelli, 2016. Hirsivalikoima, tuotetietoa. [Viitattu 22.9.2016]. Saatavissa: [www.finnlamelli.fi/tuotetietoa/hirsivalikoima](http://www.finnlamelli.fi/tuotetietoa/hirsivalikoima)

Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2017. Forest products trade. [Viitattu 20.11.2017]. Saatavissa: <http://www.fao.org/forestry/statistics/80938@180724/en/>

Gira, 2017. [Viitattu 10.11.2017]. Saatavissa: [http://www.gira.com/fi\\_FI/index.html](http://www.gira.com/fi_FI/index.html)

Helen Oy, 2017. [Viitattu 10.8.2017]. Saatavissa: <https://www.helen.fi>

Hirsitaloteollisuus, 2016. Hirsirakentamisen perusteet, itseopiskelumateriaali. s.16 ja s.21. [Viitattu 22.9.2016]. Saatavissa: [http://www.hirsikoti.fi/assets/images/Koulutusmateriaali/Hirsirakentamisen\\_perusteet.pdf](http://www.hirsikoti.fi/assets/images/Koulutusmateriaali/Hirsirakentamisen_perusteet.pdf)

Homepakolaiset ry., 2016. Ratkaisuja sisäilmasairaille- projekti. Terveellisiä tiloja asumiseen, opiskeluun ja työntekeä varten: Sisäilmasta sairastuneille soveltuvien tilojen rakentaminen - ongelmakohtia ja aloituspisteitä. s.4. [Viitattu 22.9.2016]. Saatavissa: <http://homepakolaiset.fi/ratkaisuja-sisailmasairaille/wp-content/uploads/2015/03/Terveellisia-tiloja-ongelmakohtia-ja-aloituspisteita.pdf>

Luonnonvarakeskus, 2017. [Viitattu 10.11.2017]. Saatavissa: <http://www.metla.fi/metinfo/tilasto/roundwoodprices/index.html>

Metsäteollisuus. Kestävä rakentaminen luo hyvinvointia. [Viitattu 20.9.2016]. Saatavissa: <https://www.metsateollisuus.fi/mediabank/478.pdf>

Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries, 2017. Monthly statistics of agriculture, forestry and fisheries. [Viitattu 13.1.2017]. Saatavissa: [http://www.maff.go.jp/e/tokei/kikaku/monthly\\_e/](http://www.maff.go.jp/e/tokei/kikaku/monthly_e/)

Olament, 2016. Lämpöhirsitaloesite. [Viitattu 22.9.2016]. Saatavissa: [www.olament.fi](http://www.olament.fi). Sivusto vaatii tunnukset.

Olla Solutions Oy, 2017. [Viitattu 10.11.2017]. Saatavissa: [http://www.olla-solutions.fi/mika\\_on\\_olla.html](http://www.olla-solutions.fi/mika_on_olla.html)

Ouman, 2017. [Viitattu 10.11.2017]. Saatavissa: <http://ouman.fi/palvelut/rakennusautomaatio/>

Puuinfo, 2012. Puurakentamisen merkittävä puute poistuu: Alalle vihdoinkin yhtenäinen avoin standardi. [Viitattu 2.11.2016]. Saatavissa: <http://www.puuinfo.fi/tiedote/puurakentamisen-merkitt%C3%A4v%C3%A4-puute-poistuu-alalle-vihdoinkin-yhten%C3%A4inen-avoin-standardi>

Puuinfo, 2014. Kastellin monitoimitalo. [Viitattu 25.1.2018] Saatavissa: <http://www.puuinfo.fi/tiedote/ril-palkitsi-puukohteita-voitto-kastellin-monitoimitalolle-ouluun>. Kuva.

Puuinfo, 2016. Stora-Enson tilaelementtirakentaminen. [Viitattu 22.9.2016]. Ei saatavissa enää: <http://www.puuinfo.fi/tuote/stora-enson-tilaelementtirakentaminen>. Kuva.

Puuinfo, 2016. Puun psykologiset ominaisuudet. [Viitattu 12.08.2016]. Saatavissa: <http://www.puuinfo.fi/puutieto/puu-sis%C3%A4tiloissa/psykologiset-ominaisuudet>

Puuinfo, 2016. Yleisimmät rakennejärjestelmät. [Viitattu 20.9.2016]. Saatavissa: <http://www.puuinfo.fi/puutieto/puusta-rakentaminen/yleisimm%C3%A4t-rakennej%C3%A4rjestelm%C3%A4t>

Puuinfo, 2016. Puurakenteiden paloturvallisuus. [Viitattu 24.9.2016]. Saatavissa: <http://www.puuinfo.fi/puutieto/puusta-rakentaminen/puurakenteiden-paloturvallisuus>

Puuinfo, 2017. Suomalaisen arkkitehdin suunnittelema puurakenteinen koulu valmistui Pariisiin. [Viitattu 2.11.2016]. Saatavissa: <http://www.puuinfo.fi/tiedote/suomalaisarkkitehdin-suunnittelema-puurakenteinen-koulu-valmistui-parisiin>. Kuva.

Puuinfo, 2018. Vuoden 2018 Puupalkinto. [Viitattu 9.11.2018]. Saatavissa: <https://www.puuinfo.fi/tiedote/vuoden-2018-puupalkinto-tuupalan-alakoululle-ja-p%C3%A4iv%C3%A4kodille>

Skogs Industrierna, 2017. Statistics. [Viitattu 7.11.2017]. Saatavissa: <http://www.forestindustries.se/forest-industry/statistics/>

Statistics Norway, 2017. Increased roundwood sales and prices. [Viitattu 20.11.2017]. Saatavissa: <https://www.ssb.no/en/jord-skog-jakt-og-fiskeri/artikler-og-publikasjoner/increased-roundwood-sales-and-prices>

Stora-Enso, 2016. Tilaelementtirakentaminen. [Viitattu 22.9.2016]. Saatavissa: <http://www.puuinfo.fi/tuote/stora-enson-tilaelementtirakentaminen>

Suomen Hirsitaito ry, 2016. Puun hankinta. [Viitattu 20.9.2016]. Saatavissa: <http://www.hirsitaito.fi/hirsirakennuksen-hankinta/puunhankinta>

The European Innovation Partnership on Smart Cities and Communities (EIP-SCC). Smart Cities in EU. [Viitattu 31.8.2017]. Saatavissa: [http://eu-smartcities.eu/#Smart\\_Cities](http://eu-smartcities.eu/#Smart_Cities)

The Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2017. Forestry Production and Trade. [Viitattu 10.11.2017]. Saatavissa: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/FO>

Timber-online, 2017. "Several CLT projects in the pipeline". [Viitattu 10.11.2017]. Saatavissa: [https://www.timber-online.net/wood\\_products/2017/07/brettsperholz-produktion-100-km-radius---2016-2020.html#contact](https://www.timber-online.net/wood_products/2017/07/brettsperholz-produktion-100-km-radius---2016-2020.html#contact)

Timber-online, 2017. More softwood lumber from Germany. [Viitattu 13.12.2017]. Saatavissa: [https://www.timber-online.net/sawn\\_timber/2017/05/deutschland-nadelschnittholz-export-maerz-2017.html](https://www.timber-online.net/sawn_timber/2017/05/deutschland-nadelschnittholz-export-maerz-2017.html)

Unece, 2017. YK:n talouskomissio. [Viitattu 13.11.2017]. Saatavissa: <http://www.unece.org/info/ece-homepage.html>

Versowood, 2016. Kopra, P. Puukerrostalon hybridirakenteet. Puupäivä. Puuinfo. [Viitattu 22.9.2016]. Saatavissa: <http://www.puuinfo.fi/sites/default/files/content/info/puupaiva-2010-seminaariaineisto/puukerrostalon-hybridirakenteet-kopra-pekka.pdf>

Wink. [Viitattu 10.11.2017]. Saatavissa: <http://www.wink.com/>

Woodcity, 2017. [Viitattu 7.11.2017]. Saatavissa. <http://www.woodcity.fi/>

Worldbank, 2017. Ruotsin maaprofiili. Maailmanpankki. [Viitattu 10.11.2017]. Saatavissa: [http://databank.worldbank.org/data/Views/Reports/ReportWidgetCustom.aspx?Report\\_Name=CountryProfile&Id=b450fd57&tbar=y&dd=y&inf=n&zm=n&country=SWE](http://databank.worldbank.org/data/Views/Reports/ReportWidgetCustom.aspx?Report_Name=CountryProfile&Id=b450fd57&tbar=y&dd=y&inf=n&zm=n&country=SWE)

Worldbank, 2017. Norjan maaprofiili. Maailmanpankki. [Viitattu 10.11.2017]. Saatavissa: [http://databank.worldbank.org/data/Views/Reports/ReportWidgetCustom.aspx?Report\\_Name=CountryProfile&Id=b450fd57&tbar=y&dd=y&inf=n&zm=n&country=NOR](http://databank.worldbank.org/data/Views/Reports/ReportWidgetCustom.aspx?Report_Name=CountryProfile&Id=b450fd57&tbar=y&dd=y&inf=n&zm=n&country=NOR)

Worldbank, 2017. Saksan maaprofiili. Maailmanpankki. [Viitattu 10.11.2017]. Saatavissa: [http://databank.worldbank.org/data/Views/Reports/ReportWidgetCustom.aspx?Report\\_Name=CountryProfile&Id=b450fd57&tbar=y&dd=y&inf=n&zm=n&country=DEU](http://databank.worldbank.org/data/Views/Reports/ReportWidgetCustom.aspx?Report_Name=CountryProfile&Id=b450fd57&tbar=y&dd=y&inf=n&zm=n&country=DEU)

Worldbank, 2017. Japanin maaprofiili. Maailmanpankki. [Viitattu 10.11.2017]. Saatavissa: [http://databank.worldbank.org/data/Views/Reports/ReportWidgetCustom.aspx?Report\\_Name=CountryProfile&Id=b450fd57&tbar=y&dd=y&inf=n&zm=n&country=JPN](http://databank.worldbank.org/data/Views/Reports/ReportWidgetCustom.aspx?Report_Name=CountryProfile&Id=b450fd57&tbar=y&dd=y&inf=n&zm=n&country=JPN)



## Muut lähteet

Abrahamsen, R.B., 2014. Sweco. 14 story TREET project under construction in Norway. Esitys Chicagossa 11/2014. [Viitattu 22.11.2017]. Saatavissa: <http://www.woodworks.org/wp-content/uploads/TTWB-2014-Abrahamson-14-story-TREET.pdf>

Demos Helsinki Cleantech, 2015. <https://www.demoshelsinki.fi/julkaisut/cleantech-valtaakuluttajamarkkinat/>

Finpro, 2017. Maaraportit: Japani, Saksa, Ruotsi, Norja.

Landel, P., 2015. Technical Research Institute of Sweden. Modern timber construction in Sweden. Esitys Kööpenhaminassa 20.5.2015. [Viitattu 20.11.2017]. Saatavissa: <https://www.innobyg.dk/media/64785/pierre%20landel%20sp%20-%20modern%20timber%20construction%20in%20sweden.pdf>

Stora Enso, 2016. Massiivipuुरakennetapahtuma 23.9.2016. Ympäristöalo. Oulu. Esitys.

Stora-Enso, 2017. A timber school for Vienna - with CLT from Stora Enso. [Viitattu 3.1.2017]. Saatavilla: <http://buildingandliving.storaenso.com/news/news-and-press-releases/a-timber-school-for-vienna-with-clt-from-stora>. Kuva.

RELIEF, 2003. Tutkimushanke. Tausta-aineisto.

RT 96-10938- Koulurakennus, yleissuunnittelu. RT-kortti.

RT 96-10939 Koulurakennus, tilasuunnittelu. RT-kortti.

RT 82-11168, Hirsitalon suunnitteluperusteet. RT-kortti.

Rupert, O., 2015. Overview of European wood market. Esitys. [Viitattu 29.11.2017]. Saatavissa: <https://www.unece.org/fileadmin/DAM/timber/meetings/20161018/coffi74-item3a1-01-oliver.pdf>

Sasatani, D. Promotion of wood in public buildings in Japan. [Viitattu 12.9.2017]. Ei saatavissa: <http://www.forestbusinessnetwork.com/wp-content/uploads/Daisuke-Sasatani.pdf>

YLE, 2017. EU ja Japani pääsivät sopuun: Juusto ja marjalikööri kiinnostavat Aasiassa – ruoka- ja sahateollisuus vapaakauppasopimuksen voittajia. Yle esitys 5.7.2017. [Viitattu 13.11.2017]. Saatavissa: <https://yle.fi/uutiset/3-9706196>.

Liite 1

## PUUTUOTE- JA PUURAKENTAMISALAN KEHITYSNÄKYMÄT JA VIENTIEDELLYTYKSET - KYSELY

### Saate:

Teknologian tutkimuskeskus VTT yhteistyökumppaneineen osallistuu teollisen puurakentamisen tutkimukseen, kehittämiseen sekä vientiin liittyviin hankkeisiin, ja on aktiivisesti mukana valmistelemassa uusia hankkeita ekologisen ja älykkään rakennetun ympäristön edistämiseksi. Tämä kysely liittyy EAKR-rahoitteiseen hankkeeseen nimeltä Life City (hankekoodi: A70162), jonka yhtenä tavoitteena on edistää suomalaisten puutuotteiden ja kokonaisvaltaisen puurakentamisen vientiedellytyksiä.

Tämän kyselyn tarkoituksena on selvittää, millaisia vientitoiminnan aloittamisen tai lisäämisen esteitä alan yritysten mukaan on olemassa ja miten niitä erilaisin toimenpitein voitaisiin poistaa tai vähentää. Tarkoituksena on myös selvittää yritysten näkemykset siitä, mitkä ovat alan tärkeimmät tekniset kehitystarpeet, sekä osaamiseen ja koulutukseen liittyvät tarpeet tällä hetkellä ja lähitulevaisuudessa. Kysely suunnataan puutuotealan toimintaa ja mahdollisesti vientiä harjoittaville yrityksille.

Toivomme että teillä olisi mahdollisuus vastata alla oleviin kysymyksiin 31.8.2017 mennessä. Vastaamiseen kuluu noin 15-20 minuuttia.

Vastaukset ja haastattelujen materiaali käsitellään luottamuksellisesti ja yhteenvetoon ei sisällytetä yrityskohtaisia tietoja tai muita tietoja joita voidaan yhdistää yksittäiseen yritykseen.

Kooste vastauksista tulee EAKR Life City -projektin loppuraporttiin, joka on julkinen.

Kiitos jo ennakoon vastauksistasi. Kyselyyn pääset tästä linkistä [X](#).

Jos sinulla on kysyttävää, niin ota yhteyttä:

Jussi Rönty, [jussi.ronty@vtt.fi](mailto:jussi.ronty@vtt.fi)

Paula Ala-Kotila, [paula.ala-kotila@vtt.fi](mailto:paula.ala-kotila@vtt.fi)

Tämä kysely jakaantuu seuraaviin osioihin

0. Taustamuuttujat
1. Vienti yrityksenne kohdalla
2. Puutuotteiden ja puurakentamisen viennin edellytykset ja esteet
3. Vientiedellytysten parantaminen
4. Vapaa kenttä

## 0 TAUSTAMUUTTUJAT

Taustamuuttujien avulla voimme tarkastella tuloksia konkreettisemmin. Eri henkilöiden henkilökohtaiset vastaukset eivät nouse aineistosta esiin. Voit valita myös useamman vaihtoehdon.

Mikä seuraavista kuvaa toimialaasi parhaiten

- ☐ Hirsitaloteollisuus/-rakentaminen
- ☐ Insinööripuutuotteet (esim. liimapuu, CLT, LVL)
- ☐ Kesto- ja lämpöpuutuotteet
- ☐ Rakennuspuusepänteollisuus
- ☐ Saha- ja höylätuotteet
- ☐ Rakennusurakointi
- ☐ Suunnittelu tai konsultointi
- ☐ Joku \_\_\_\_\_ muu, \_\_\_\_\_ mikä?

Miten pitkään yrityksenne on toiminut alalla?

- ☐ 0-5 vuotta
- ☐ 5-10 vuotta
- ☐ yli 10 vuotta

Kuinka suuri yrityksenne on?

- ☐ Pieni
- ☐ Keskisuuri
- ☐ Suuri

## 1 VIENNI YRITYKSENNE KOHDALLA

1.1 Onko yrityksellänne vientitoimintaa tällä hetkellä?

- ☐ Kyllä
- ☐ Ei

Jos vastasit kyllä, niin

1.2 Mitkä ovat viennin päätuotteet? Voit valita useampia.

- ☐ Hirsituotteet
- ☐ Insinööripuutuotteet
- ☐ Rakennuspuusepäntuotteet, ml. Ikkunat ja ovet
- ☐ Kesto- ja lämpöpuutuotteet
- ☐ Saha- ja höylätuotteet
- ☐ Suunnittelu tai konsultointi
- ☐ Muu, \_\_\_\_\_ mikä?

1.3 Mitkä ovat viennin pääkohdemaat/alueet?

- ☐ Eurooppa

- Mikä tai mitkä maat?

- ☐ Venäjä
- ☐ Kiina
- ☐ Japani
- ☐ Iso-Britannia
- ☐ Yhdysvallat
- ☐ Muu,

mikä?

1.4 Onko yrityksellänne aikomus aloittaa harjoittamaan vientitoimintaa lähiaikoina?

- ☐ Kyllä
- ☐ Ei. Miksi?

---

---

---

---

1.5 Jos yrityksellänne on aikomus aloittaa vientitoimintaa, mille alueille teillä on tavoitteena kohdistaa vientiponnistelut?

- ☐ Eurooppa
  - Mikä tai mitkä maat?
- ☐ Venäjä
- ☐ Kiina
- ☐ Japani
- ☐ Iso-Britannia
- ☐ Yhdysvallat
- ☐ Muu, mikä?

---

---

- ☐ Yrityksemme ei aio aloittaa vientitoimintaa

1.6 Onko yrityksellänne mielestänne riittäviä voimavaroja/resursseja viennin aloittamiseen tai kehittämiseen

- ☐ Kyllä
- ☐ Ei. Mitä tarvittaisiin?

---

---

---

---

## 2 PUUTUOTTEIDEN JA -RAKENTAMISEN VIENNIN EDELLYTYKSET JA ESTEET

2.1 Suomessa on toteutettu useita eri ohjelmia, joiden tarkoituksena on ollut viennin kehittäminen. Ovatko ne mielestänne edistäneet puutuotteiden ja -rakentamisen vientiä?

- ☐ Kyllä
- ☐ Ei. Miksi?

---

---

---

- ☐ En osaa sanoa

2.2 Olisiko eri puutuotealojen, suunnittelun, talotekniikan ym. yritysten yhteistyötä lisättävä pidemmälle jalostettujen kokonaisuuksien viennin edistämiseksi?

- ☐ Ei. Miksi?
- ☐ Kyllä. Miten yhteistyötä tulisi kehittää?

---

---

---

---

- ☐ En osaa sanoa

2.3 Miten paljon mielestänne seuraavat seikat ovat vaikuttaneet puurakentamisen vientiedellytyksiin?

1 ei lainkaan 2 jonkin verran 3 en osaa sanoa 4 paljon 5 todella paljon

- ☐ Yleinen talouskehitys Suomessa
- ☐ Yleinen talouskehitys maailmalla
- ☐ Poliittinen ilmapiiri (esim. Venäjän talouspakotteet)
- ☐ Standardit, tuotehyväksynät yms.
- ☐ Vientiin liittyvät kustannukset
- ☐ Vapaakauppasopimukset
- ☐ Tuotteiden tekninen laatu
- ☐ Hintakilpailukyky
- ☐ Vientiosaaminen
- ☐ Kohdemaiden kulttuurin, rakentamis- ja toimintatapojen, säädösten yms. Tuntemus
- ☐ Suomalaisten yritysten keskinäinen kilpailu
- ☐ Joku muu? Mikä?

---

---



2.4 Oletteko törmänneet virallisiin tai peiteltyihin kaupanesteisiin? Esim. lainsäädäntöön tai paikallisiin määräyksiin liittyviin ehtoihin, joilla tosiasiaassa pyritään estämään tai vaikeuttamaan ulkomaalaisten pääsyä projekteihin. Kohtuuttomiin tai ylihintaisiin tarkastusmenettelyihin, korruptioon tms.

- ☐ Ei.
- ☐ Kyllä. Tarkenna?

---

---

---

---

- ☐ En osaa sanoa

2.5 Tunnetteko/tunnetaanko kilpailijamaiden toimintatapoja, tuotteita, kilpailuvaltteja (Viro, Ruotsi, Norja, Kanada, Saksa, Itävalta) mielestänne riittävästi?

- ☐ Kyllä
- ☐ Ei

2.6 Näettekö kilpailijamaiden tuotteiden ja käytäntöjen tuntemisen hyödyllisenä, ja pitäisikö niistä ottaa oppia?

- ☐ Kyllä
- ☐ Ei
- ☐ En osaa sanoa

### 3 VIENTIEDELITYSTEN PARANTAMINEN

3.1 Mitkä ovat tärkeimmät tekniset kehitystarpeet tuotteeseenne, toimialaanne tai yleisesti puurakentamiseen liittyen tällä hetkellä?

---

---

---

3.2 Mitkä ovat tärkeimmät kehitystarpeet liittyen alan osaamiseen? Tarvitaanko lisää koulutusta? Millaista?

---

---

---

3.3 Tarvitaanko kohdistettuja julkisia tukitoimenpiteitä puutuotteiden viennin kehittämiseen? Esimerkiksi pk-yrityksille.

- ☐ Kyllä. Millaisia?
- ☐ Ei
- ☐ En osaa sanoa

3.4 Pitäisikö yksityisiä rahoitusmenetelmiä kehittää yhdessä tai erikseen valtion tukitoimenpiteiden kanssa?

- ☐ Kyllä
- ☐ Ei
- ☐ En osaa sanoa

3.5 Onko yksityisiä rahoitusinstrumentteja käytettävissä tarpeeksi?

- ☐ Kyllä, mitä?
- ☐ Ei
- ☐ En tiedä

3.6 Miten yritysten välinen kilpailu vaikuttaa yhteistyön kehittämiseen?

---

---

---

---

3.7 Millä muilla keinoin alan yritysten vientiedellytyksiä voisi mielestänne parantaa?

---

---

---

---

#### 4 VAPAA KENTTÄ

---

---

---

---